

지체장애인 이동권 보장을 위해 생체신호로 조작하는 지능형 전동휠체어

강민철¹, 서동균¹, 정옥현¹, 정진원¹, 황희상¹, 김인수²
¹한국공학대학교 전자공학부 임베디드시스템전공, ²한전 KDN
 swrkdalscjf@naver.com, sdk3669@tukorea.ac.kr, wdg908@tukorea.ac.kr,
 jinaprod@naver.com, tees3359@tukorea.ac.kr

Intelligent electric wheelchair operated by bio-signals to guarantee the right of movement for the physically handicapped

Min-Cheol Kang¹, Dong-Kyun Seo¹, Wook-Hyun Jung¹,
 Jin-Won Jung¹, Hee-Sang Hwang¹, In-Soo Kim²
¹Dept. of Electronic Engineering, Tech University of Korea, ²KEPCO KDN

요 약

본 논문은 생체신호 분석과 인공지능으로 전동휠체어 제어 시스템을 개발한다. 얼굴 근육 움직임에서 나오는 생체신호를 분석하고, 인공지능 모델로 생체신호 패턴을 학습하여 눈동자 및 얼굴 움직임을 해석하고 이를 토대로 전진, 후진, 좌회전, 우회전, 정지, 제어와 같은 6가지 기능을 전동휠체어에 적용하고 신체 제한자의 이용 용이성 및 삶의 질 향상을 목표로 한다.

1. 서론

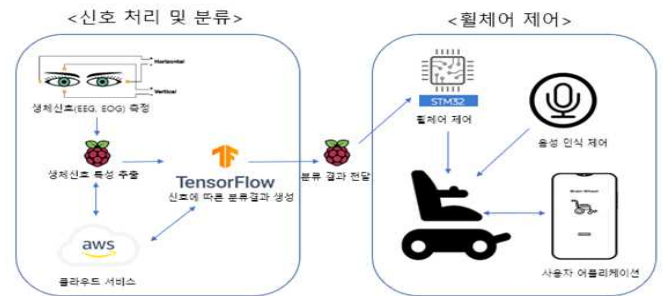
국민 건강보험공단에서 지원되는 최대 209만원의 전동휠체어는 장애인의 이동권을 보장하기 위한 필수적인 보조장치이다. 그러나 중증 지체장애인들은 휠체어 처방전 획득이 어려운 상황이다. 이는 국민건강보험 시행규칙의 기준 때문인데, '다른 사람의 도움 없이 전동휠체어를 안전하게 작동할 수 있는 경우 사용'으로 명시되어 있기 때문이다[1]. 이로 인해 지원을 받지 못한 중증 장애인들은 활동 지원사 없이는 외출이 불가능하며, 이 문제를 해결하기 위해 생체신호 조작 전동휠체어의 개발이 추진되었다. 얼굴 근육과 눈동자 움직임 분석으로 생체신호를 측정해 AI 모델이 전동휠체어 동작을 결정하고 중증 장애인도 학습하여 이동 자유를 얻을 수 있다. 이 기술은 기존의 전동휠체어 시스템과 결합하여 보다 넓은 범위에 적용할 수 있도록 개발되었다. 이 프로젝트의 궁극적인 목표는 중증 지체장애인들의 삶의 질을 향상시키며, 이동권을 보장하는 것이다.

2. 본론

2.1 시스템 구성도

(그림 1)은 시스템의 전반적인 구성을 도식화한 것이다. 사용자는 특정 동작을 통해 생체신호를 생성하게 된다. 이러한 생체신호는 라즈베리파이를 통해 특성이 추출되며, 추출된 신호 특성은 분류 알고리즘(Tensorflow)을 통해 처

리된다. 이로써 사용자의 의도가 인식되고, 분류 결과는 휠체어 시스템으로 전달되어 제어 명령을 생성한다. 휠체어 제어 부분에서는 STM32 마이크로컨트롤러가 사용되어 휠체어의 동작을 제어한다. 어플리케이션 GUI를 통해 사용자에게 직관적인 설정을 제공하고 음성 인식(STT)을 활용하여 사용자의 음성 명령을 감지하여 어플리케이션을 조작할 수 있다.



(그림 1) 시스템 구성도

2.2 모바일 흐름도

(그림 2)는 모바일 흐름 과정을 도식화한 것이다. 로그인 후 마이페이지에 사용자정보, 등록기기, 현재 상태가 표시되고 학습, 사용모드 버튼이 나온다. 학습모드를 선택하면 전진, 후진을 포함한 총 6가지 동작을 제어하기 위한 인공지능 모델을 학습한다. 이때 사용자는 메뉴얼에 나오는 방향대로 눈동자를 움직여 학습하여야 한다. 학습이 끝나면 검증모드로 넘어간다. 검증모드에서는 학습모드를 통해 생성된 모델을 검증하는데 높은 정확도가 되어야만 사

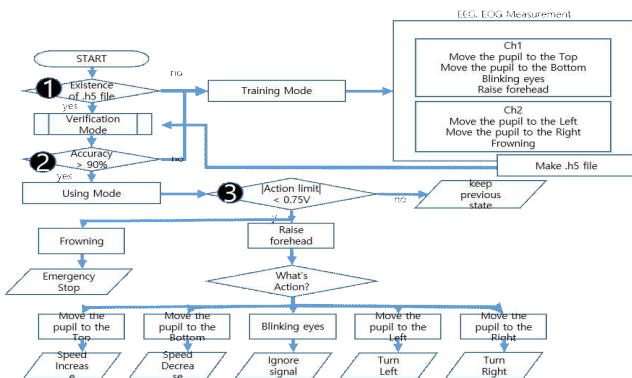
용모드로 넘어갈 수 있다. 사용모드에서는 사용자가 학습 모드에서 수행했던 동작으로 휠체어를 작동시킬 수 있다.



(그림 2) 모바일 흐름도

2.3 구동 알고리즘

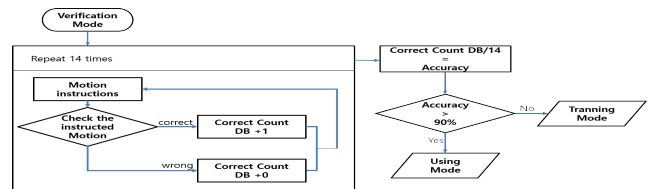
(그림 3)은 구동 알고리즘을 도식화한 것이다. 사용자의 특정 동작을 통해 생체신호가 생성되며, 이에 따라 시스템이 동작한다. ①과 같이 기존에 학습된 인공지능 모델이 없는 경우 학습 모드를 시작하고 학습된 모델이 있는 경우에는 검증 모드로 시작한다. ②와 같이 측정된 정확도가 90% 이상인 경우에는 사용 모드로 전환이 가능하다. 검증 모드에서 만족스러운 정확도를 얻지 못한 경우, 학습 모드로 전환하여 눈동자 움직임이나 이마 올리기와 같은 동작을 통해 신호 파형을 재측정하고 인공지능 모델을 다시 생성한다. 사용 모드에서는 눈동자 및 이마 동작을 통해 휠체어를 제어한다. 눈동자를 위로 움직이면 전진 및 속도 증가가 작동하며, 오른쪽으로 움직이면 우회전이 작동한다. 아래로 움직이면 후진 및 속도 감소가, 왼쪽으로 움직이면 좌회전이 작동한다. 이마를 올리면 제어 모드로 전환되며, 눈을 깜빡이면 눈 깜빡임 필터가 작동한다. 제어 모드에서는 시야 확보 혹은 객체 응시를 위해 눈동자가 움직이는 것으로 휠체어가 제어되는 것을 방지하기 위해 이마를 한번 들썩이고 발생한 눈동자 움직임만을 제어 신호로 사용한다. ③과 같이 사용 모드에서는 미세한 눈동자 떨림이나 약간의 움직임까지 모두 신호로 사용하는 것은 사용자에게 부담을 줄 수 있으므로, 눈동자가 일정 범위 이상(0.75V)을 움직이는 경우에만 신호를 분류하여 휠체어를 구동한다.



(그림 3) 구동 알고리즘

2.4 검증 모드 알고리즘

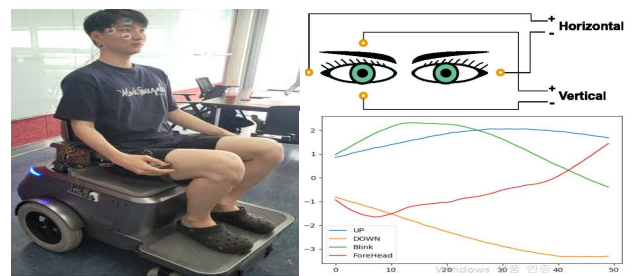
(그림 4)는 검증 모드 알고리즘을 도식화한 것이다. 검증 모드가 시작되면, 먼저 서버, 라즈베리파이, 그리고 사용자 어플리케이션 간의 연결을 확인한다. 그런 다음 어플리케이션 내에서 7가지 눈동자 동작(위, 아래, 좌, 우, 깜빡임, 찡그리기, 이마 올리기)을 각각 2회씩, 총 14번 수행한다. 만약 어플리케이션에서 지시한 동작과 측정된 신호 파형의 분류 결과가 일치한다면, 이때는 데이터베이스(DB)의 "Correct Count"가 1 증가하게 된다. 그러나 일치하지 않는 경우에는 해당 값을 유지한다. 14번의 동작 검증이 완료되면, "Correct Count" 값을 14로 나눈 결과가 정확도(Accuracy)로 사용된다. 만약 이 정확도가 90%(14번의 동작 검증 중 13번 이상 올바른 경우)를 초과한다면, 시스템은 사용 모드로 전환되고 그 미만일 경우 학습모드로 전환된다.



(그림 4) 검증 모드 알고리즘

3. 결론

(그림 5)는 개발된 시스템 결과물이며, 간단한 얼굴 움직임만으로도 휠체어 구동을 할 수 있게 개발을 완료했다. 또한, 1000번의 테스트 결과 98.3%의 인식률과 91.1%의 정확도를 보였다. 해당 제품을 통해 중증 지체장애인은 최대 209만원을 지원받아 다른 사람의 도움 없이 전동 휠체어를 작동할 수 있다. 또한 높은 인식률과 정확도를 바탕으로 충분한 안정성이 보장되어야 하는 전동 휠체어 동작에 큰 반향을 일으킬 것으로 판단된다. 개발된 시스템은 전동 휠체어 제어 외에도 스마트 홈 제어, 게임 컨트롤러, 스마트폰 제어, 로봇 제어 등 다양한 분야에서 활용 가능할 것이다.



(그림 5) 휠체어 탑승 및 생체신호

Acknowledgement

본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성 사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트결과물입니다.

참고문헌

- [1] 의료급여법 시행규칙 제25조 제1항 [별표2] 제2호 중 국민건강보험법 시행규칙 [별표7] 제2호, 대한민국, 보건복지부