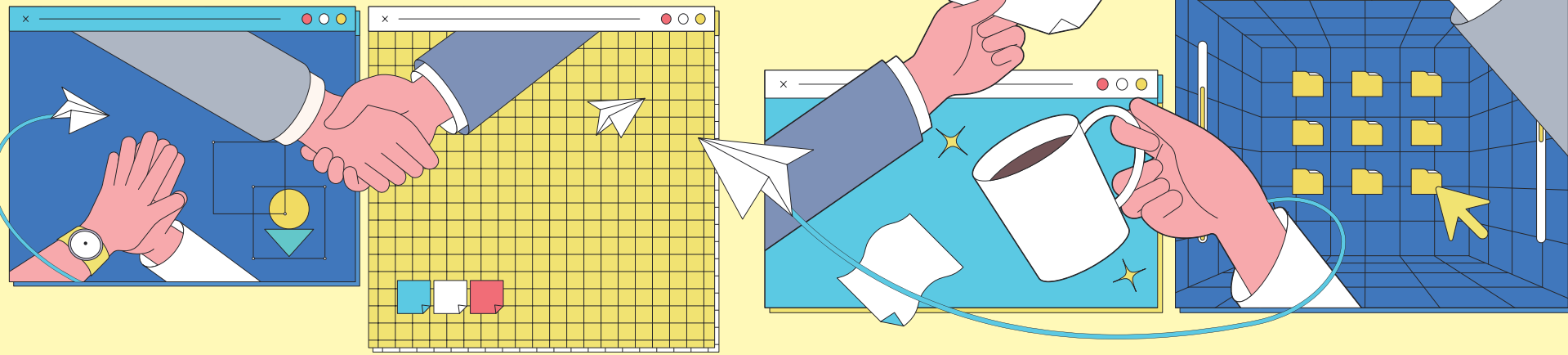


# 인공지능 기반 안구 전도도(EOG)를 이용한 로봇 팔 제어

**지도교수** 김동한 교수 **팀명** 생투전투

**팀원** (전자공학과) 안병호  
(생체의공학과) 윤하연, 정서윤



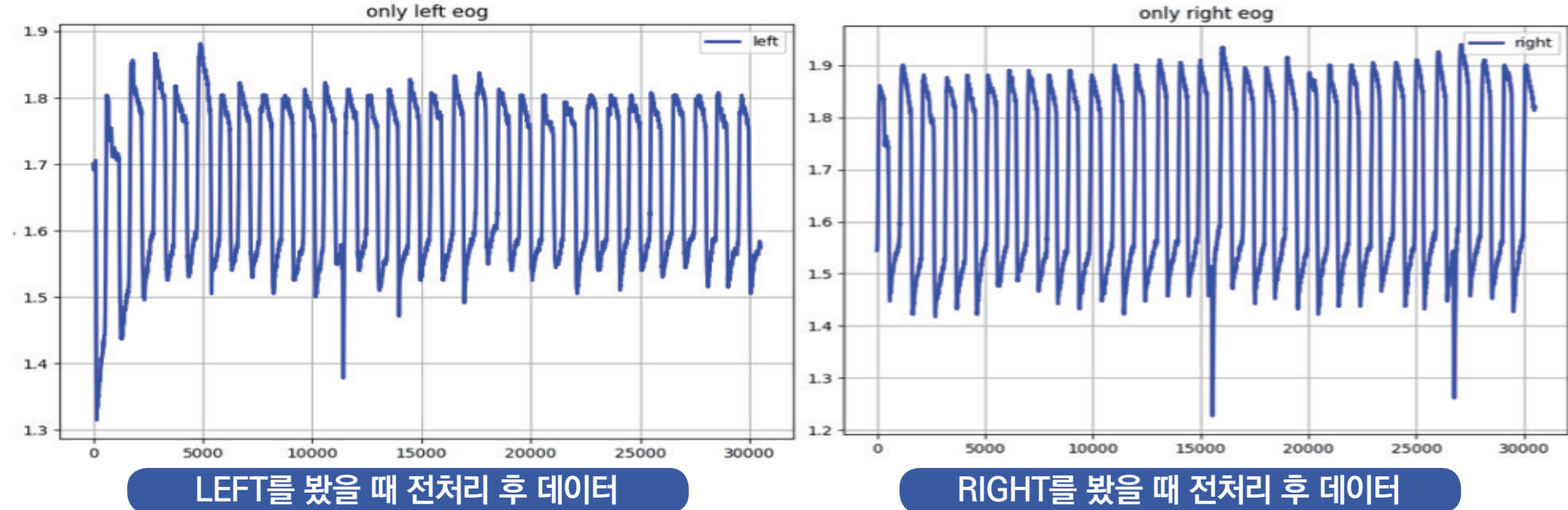
## 연구 배경 및 목적

사회의 고령화, 인적 자원 부족으로 노년층의 돌봄에 한계가 생겨나고 있다. 또한 거동이 불편한 사람들은 일상생활에서 기본적인 활동조차 어렵다. 이번 연구에서는 식사 상황으로 가정하여 이런 사람들이 손을 이용하지 않고 원하는 음식을 고르고, 집을 수 있는 로봇 제작을 목표로 하여 그들의 식생활을 보장해주고자 한다. 따라서 EOG를 활용하여 손을 이용하지 않고 간단한 눈의 움직임만으로 사용자가 원하는 대로 동작시킬 수 있다. 왼쪽 / 오른쪽을 바라보면 로봇이 시선의 방향대로 움직이고, 눈을 크게 깜빡이면 음식을 집도록 설계하였다. 최근 진행된 EOG 연구에서는 EOG에 대한 분석 및 시선 처리 추출 등의 연구가 이어지고 있으나 하드웨어와 결합한 연구 활동은 많이 없다. 이번 연구는 EOG 분석 및 인공지능 모델 제작뿐만 아니라 이를 활용하여 로봇까지 제어하였기에 의의가 있다.

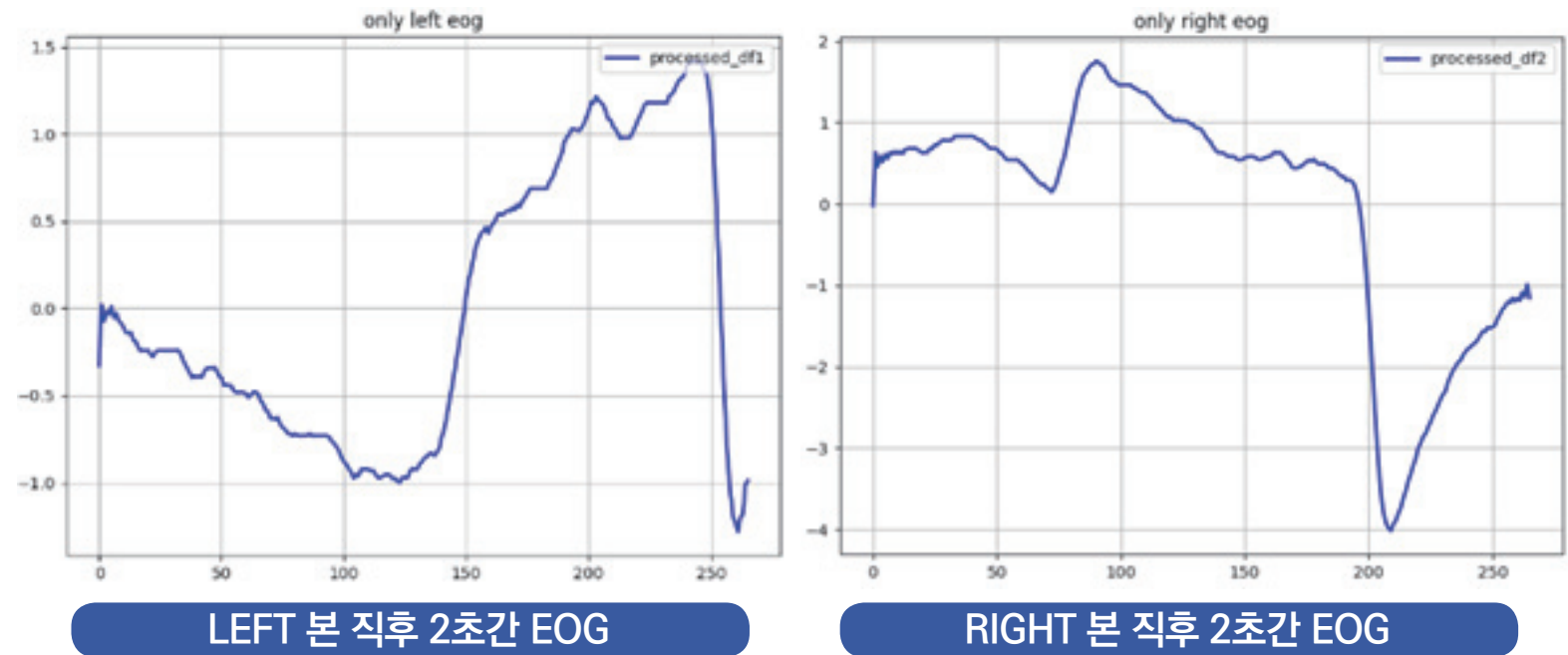
## 연구 수행 내용

### ① EOG 측정 및 분석

EOG(Electrooculography) 란 각막과 망막 간 전위를 측정된 결과 발생하는 신호이다. 본 연구에서는 Arduino와 PSL-IEOG2의 저가형 EOG 센서를 이용하여 안구 움직임에 따른 EOG를 측정하고 Python으로 분석하였다. EOG센서의 전극은 눈의 좌우에 배치하여 horizontal EOG 결과를 얻고, 분석을 위해 데이터 전처리를 수행하였다. sampling frequency는 125Hz로 down sampling을 하고 평균값 제거 및 scale 확대를 진행하였다.



그래프를 보면 알 수 있듯이, 왼쪽과 오른쪽을 봤을 때의 EOG의 절댓값 크기는 큰 차이가 없었다. 즉 수치적으로 차이가 없었기 때문에, threshold 역치 값을 정하고 이를 기준으로 분류하기에는 한계가 있음을 확인하였다. 하지만 처음 방향 변화가 일어난 직후 EOG 데이터는 기울기가 다른 것을 볼 수 있다.



2초간의 데이터를 확대해보면 왼쪽을 봤을 때는 EOG 값이 감소하였다가 증가하였고, 오른쪽은 증가하였다 감소한다. 따라서 우리는 방향 변화가 일어난 직후의 EOG 데이터의 미분값을 이용하여 방향 분류 알고리즘을 설계하고자 하였다. 또한 각도 별로 EOG 데이터의 값을 비교했을 때도 EOG 간의 큰 차이가 없었기 때문에, 실제로 로봇 팔을 제어할 때는 횡수로 각도를 조절하는 것으로 설계했다.

이번 연구에서 사용하는 데이터는 생체 신호이기 때문에 사람들마다 측정 값이 다르고, 같은 사람이라도 그때의 컨디션에 따라 결과가 다르게 나올 수 있다. 따라서 더 정확하게 EOG를 활용하기 위해서는 인공지능 모델과 결합할 필요성이 있다.

### ② 데이터 셋 제작

분석 결과를 바탕으로 EOG 데이터를 각 방향 (left, center, right)별로 1000개의 sample씩 수집하였다. 한 sample 당 방향 변화가 일어난 직후 5초 동안 수집하여 scale을 확대하고 1초씩 미분 값을 구했다. 측정된 결과 만들어진 EOG 데이터 set은 다음과 같다.

X

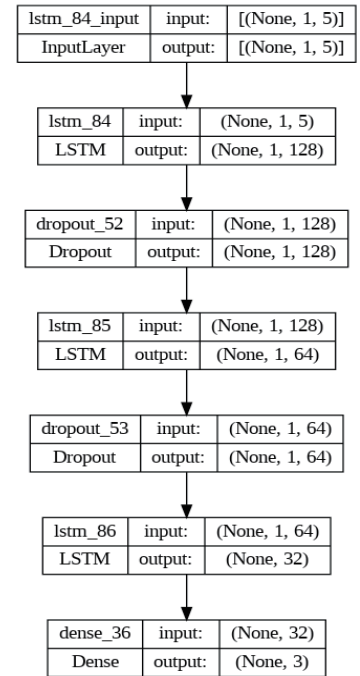
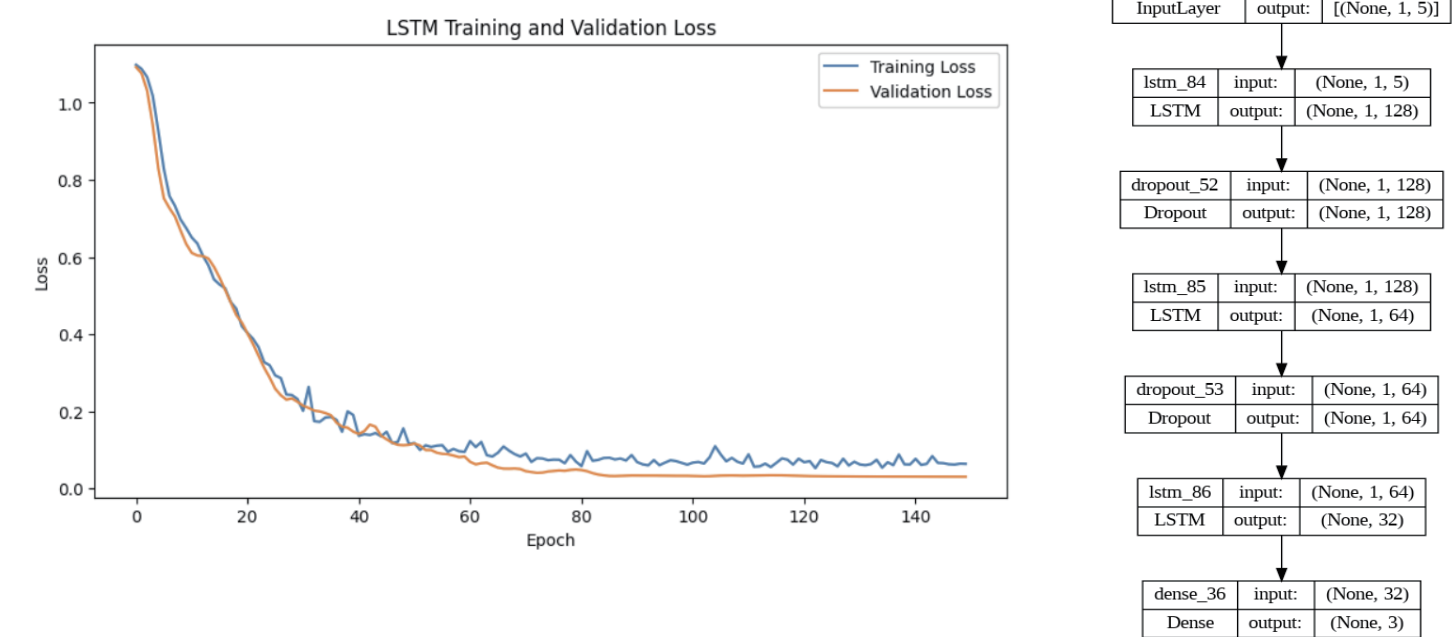
LEFT		RIGHT		CENTER	
Time	EOG	Time	EOG	Time	EOG
08:20.0	0.29	30:45.2	3.52	05:35.6	0.88
08:21.7	-4.79	30:46.6	8.31	05:36.2	0.57
08:22.3	7.92	30:47.3	-5.57	05:37.8	1.24
08:23.4	-1.27	30:48.8	2.52	05:38.1	-0.12
08:24.5	-0.59	30:49.5	1.3	05:39.7	-0.68

### ③ EOG 방향 분류 기계 학습 모델 제작

방향 분류를 위한 3가지 모델을 구현하고 성능을 비교하여 최종 모델을 선정하였다.

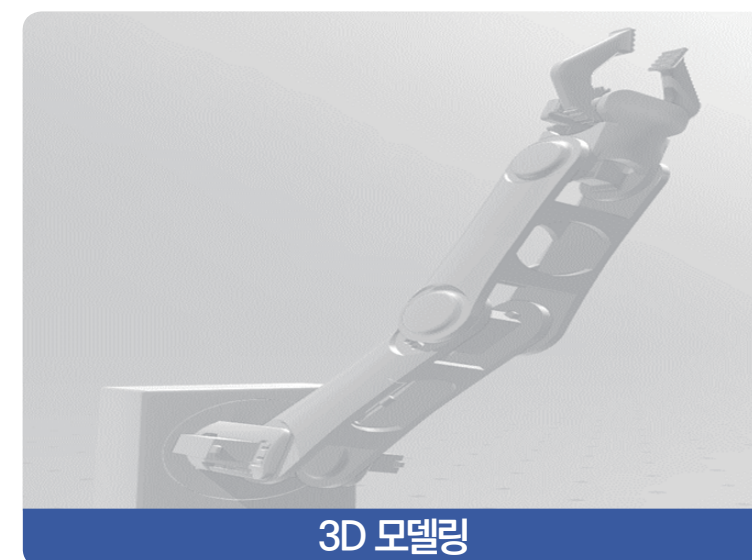
CNN, SVM, LSTM 모델에 각각 training data로 모델을 훈련시키고 성능을 비교해 본 결과, CNN은 80.7%의 정확도, SVM은 88.8%, LSTM은 92.5%에 도달하였다. 정확도 비교 결과, LSTM 모델이 제일 높았기 때문에 최종적으로 LSTM 모델을 선정했다.

아래의 결과는 이번 연구에서 사용한 LSTM 모델의 loss 그래프 및 모델 구조이다.



### ④ 로봇 팔 제작

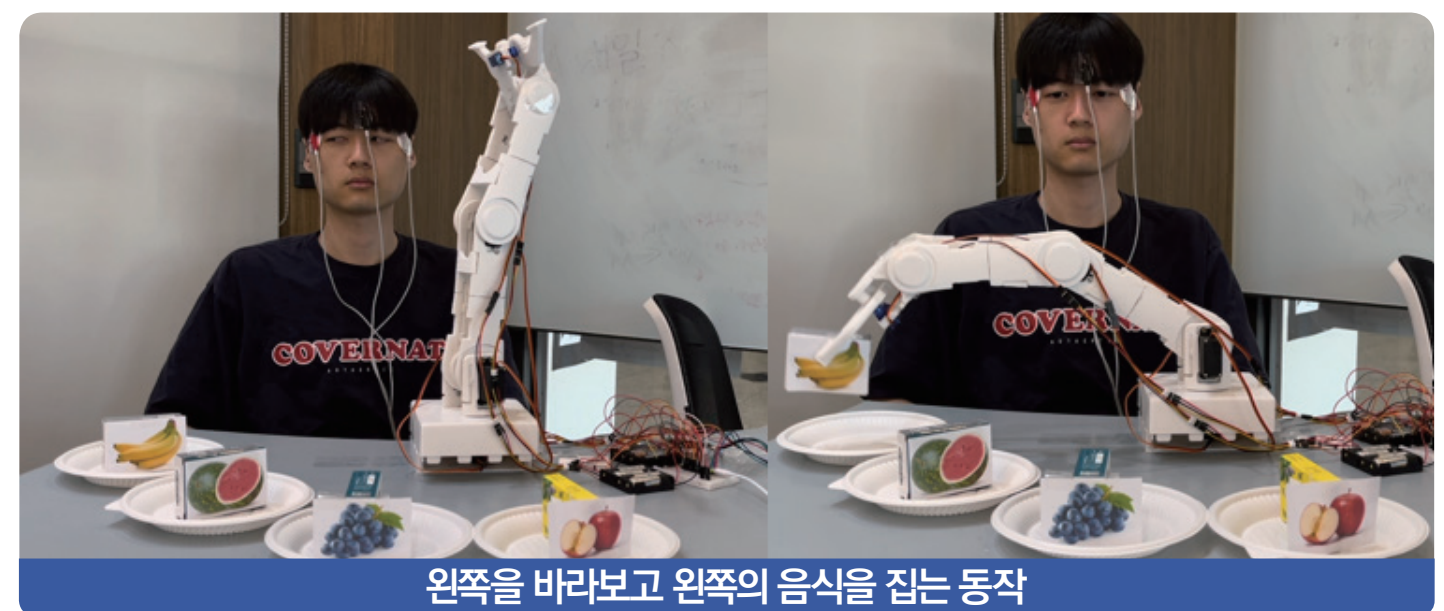
로봇팔이 복잡하고 정밀한 작업을 수행할 수 있게 6DOF(6degrees of Freedom) 로봇팔로 사람의 팔 구조와 유사하게 제작하였다. 로봇 팔의 구성은 그림과 같이 기저 회전 부분(mg995), 어깨 관절(mg995 2개), 팔꿈치 관절(mg995), 팔목 관절(sg90), 집게 부분(sg90)로 총 6개의 모터를 달아 로봇 팔 전체의 구조를 완성하였다.



EOG 신호에 따른 모터의 작동은 아래의 표와 같다.

EOG	모터	동작
left	기저 모터 반시계 방향	로봇의 왼쪽으로 회전
right	기저 모터 시계 방향	로봇의 오른쪽으로 회전
눈 크게 깜빡임	어깨 모터1 -60° 이동 어깨 모터2 60° 이동 팔꿈치 모터 80° ~ 팔꿈치 140° 이동 손목 모터 100° 이동 손 모터 -110° 이동	음식 집기
	손목 모터 -100° 이동 팔꿈치 모터 140° ~80° 이동 어깨 모터1 60° 이동 어깨 모터2 -60° 이동	음식 올리기
	손 모터 110° 이동	음식 내려놓기

## 연구 결과



최종 결과물의 작동 순서는 다음과 같다.

실시간으로 측정된 EOG 데이터를 LSTM 모델에 입력으로 넣는다. 이후 입력 데이터를 기반으로 방향을 LEFT/RIGHT/CENTER 중 하나로 분류한다. 분류된 방향에 따라 모터가 움직이고 원하는 각도로 이동이 완료 되면, 눈을 크게 깜빡이고 음식을 집는 동작을 수행한다.

## 결론 및 기대효과

이번 연구에서는 직접 데이터를 측정하고 분석한 후, EOG로 방향을 분류할 수 있는 인공지능 모델을 제작하였다. 이 결과물은 실시간 EOG 데이터로 모터 제어가 가능하고 사용자가 눈 움직임만으로 원하는 음식을 180도 내에서 자유롭게 고르고 집는 동작이 가능하다.

EOG 센서는 피부에 부착하는 방식으로 수술이나 복잡한 설치 과정 없이 팔이 불편한 사용자가 편하게 사용이 가능하여 접근성과 안전성이 높다. 이를 활용하여 산업, 의료, 서비스 등 여러 분야에서 응용 범위를 확장시켜 발전시킬 수 있다.

예를 들어 EOG 센서를 이용한 로봇 팔 제어는 재활 치료에서 사용자의 자율성을 증진시켜 환자의 회복을 돕는 데 큰 도움을 줄 수도 있다. EOG를 이용하여 모터를 제어함으로써 로봇 팔 뿐만 아니라 손을 사용할 수 없는 장애인이나 환자들이 마우스, 키보드 등의 움직임 보조 기구 개발에 활용이 가능하다. 이외에도 정밀 작업이 필요한 산업 분야나 카페, 레스토랑과 같이 음료나 음식의 서빙이 필요한 서비스 분야에도 적극적으로 활용 될 수 있다. 더 나아가 EOG 기반 제어 시스템은 상대적으로 새로운 연구 분야로 관련 기술의 발전을 촉진할 수 있다.