



1433

말과 동작을 동시에 상상하다! 수어 상상 기반 차세대 뇌-컴퓨터 인터페이스 제안

작품요약설명

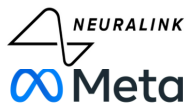
기존 BCI 연구 분야에서 발화 상상이 가지는 한계를 수어 상상으로 극복할 수 있다는 아이디어를 제시하고, 동일한 조건에서 발화 상상, 동작 상상, 수어 상상 시의 뇌파를 신경생리학적 분석과 4-class 머신러닝 분류 AI 성능 비교를 통해 그 가능성을 뒷받침함.

출품자: 정우용(충북과학고등학교)
양태근(충북과학고등학교)

지도교사: 정도일(충북과학고등학교)

연구내용

1. 탐구 배경 및 동기



Brain-Computer Interface

뇌파를 통해 사람의 의도를 인식하여 기계나 컴퓨터와 직접 연결하는 기술

근데 BCI가 상용화가 안 되는 건...

발화 상상
(Speech Imagery)

낮은 신호 품질,
언어 의도 반영

동작 상상
(Motor Imagery)

높은 신호 품질,
언어 의도 반영X

수어 상상은
어떨까?!



수어는 발화와 동작 상상의
특성을 동시에 가진다!



수어 상상이 발화 상상보다 유리하지 않을까?!

2. 탐구 가설

1

수어 상상이 발화 상상과 동작 상상의
뇌파 특징을 모두 지닐 것이다!

2

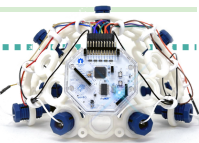
수어 상상이 발화 상상보다
뇌파 인식 정확도가 높을 것이다!

3. 탐구 과정 및 결과

탐구 과제 1 어떻게 신뢰성 있는 뇌파를
얻어낼 수 있을까?

가. 뇌파 데이터 수집

- 16채널 비침습 EEG 장비 사용
- 피험자 1명, 단어 4개



휴식

자극 제시

시선 고정

상상

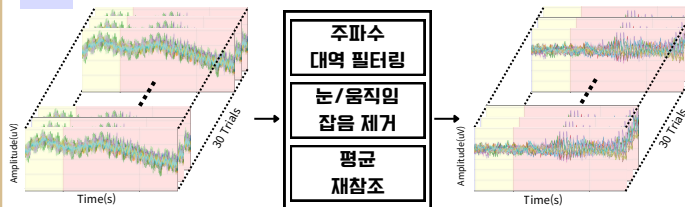
4초

4초

1초

3초

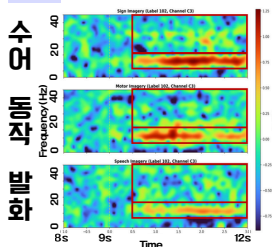
나. 뇌파 데이터 전처리



상상
조건별
120회
수집

탐구 과제 2 수어 상상의 뇌파는 어떻게 다를까?

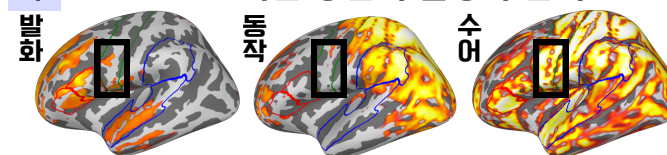
가. 스펙트로그램 기반 시간-주파수 분석



- 단어 : 도와주세요
- 채널 : C3
- 웨이블릿 변환으로
0~40Hz 주파수 대역 분해

수어 상상이 발화 상상과
동작 상상의 합집합 성격을 띤다!

나. sLORETA 기반 공간적 활성화 분석



수어 상상이 두 가지 상상의 특징을 모두 가지며,
수어 상상만의 고유한 특징도 가짐!

다. PLV 기반 기능적 연결성 분석



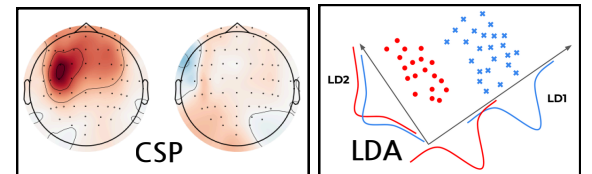
수어를 상상할 때의 뇌가
기능적으로 더 강하게 연결되어 있다

가. 나. 다. → 수어 = 발화 + 동작 + @!!!

IRB 승인번호 CBNU-202310-HRHR0228

탐구 과제 3 수어 상상이 더 뇌파 인식이 잘 될까?

가. 특징 추출 및 분류 모델 학습



- CSP 기반 공간 특징 추출 (OvR, 16차원)
- 훈련 : 테스트 = 8 : 2로 데이터 분할
- LDA 기반 차원 축소(3차원) 및 지도학습 분류

각 상상 방식별 CSP 기반 LDA 분류 모델 구축

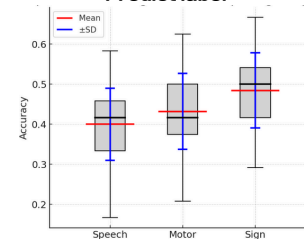
뇌파만 보고 어떤 단어를 상상했는지 알아내는 AI!

나. 상상 조건별 AI 인식 정확도 비교



* 인식 정확도: $\frac{\text{옳은 예측}}{\text{전체 예측}} \times 100 (\%)$

상상 조건별 120개의 데이터로
4-class 분류 100회 평균 인식 정확도



발화 상상 < 동작 상상 < 수어 상상
(40.0%) (43.2%) (48.5%)

→ 탐구 가설과 일치!
+ 뇌파 인식 정확도가
모두 유의수준 25% 이상!

4. 탐구 결론 및 의의

1. 기존 BCI의 한계(발화동작 상상)를 넘어서는 새로운 뇌파 입력 방식으로 수어 상상을 제시하고
2. 발화/동작/수어 상상을 동일 조건(단어/피험자/장비)에서 비교하여
3. 수어 상상의 가능성을 신경생리학적 분석과 4-class 분류로 확인한

!! 세계 최초의 탐구!