

The Distraction Effects of Speaking and Listening on P300-Based BCI

Minju Kim and Sung-Phil Kim*

Department of Biomedical Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST), Ulsan, Republic of Korea



bci.unist.ac.kr

Abstract

- P300-based Brain-computer interface (BCI), one of the most widely used BCI paradigms, is heavily dependent on the user's mental state[1].
- This study aimed at investigating the effect of distraction caused by speaking and listening, which are common activities in daily life, when performed concurrently with P300 BCI.
- This study confirms that listening to short stories have little effect on P300 BCI but speaking largely distracts the usage of P300 BCI.

Introduction

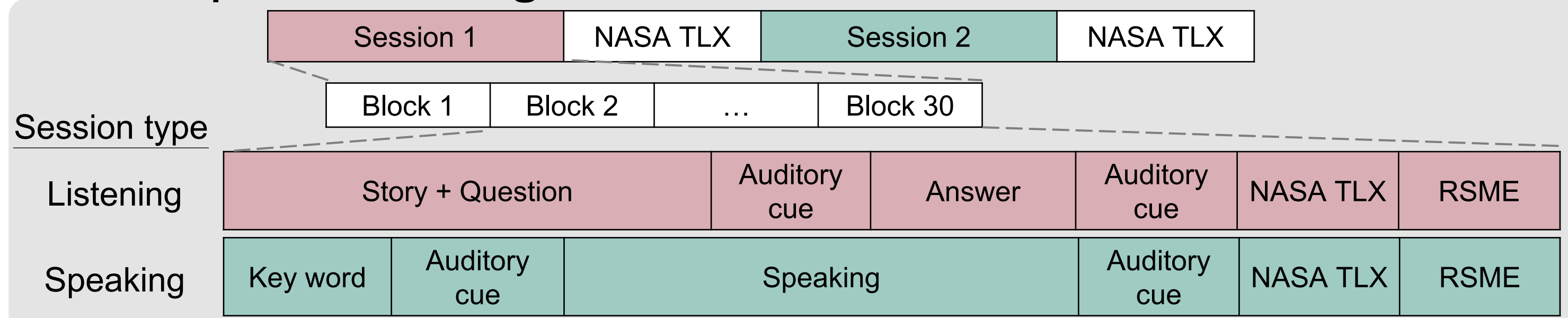
- P300 기반 BCI 에서 주요하게 활용되는 사건유발전위인 P300은 oddball 패러다임을 통해 유발되고, 작업 기억, 주의 등과 같은 인지 과정을 반영하는 것으로 알려져 있다[2].
- 다수의 연구에 의해 다중 작업은 정신적 작업 부하의 증가와 함께 P300 기반 BCI의 성능 저하시킨다는 것이 밝혀졌다[3,4].
- 하지만 이전의 연구들은 주로 N-back 과제, 암산 등과 같이 일상 생활의 활동과는 거리가 먼 과제를 통해서 다중 작업이 P300 기반 BCI 에 미치는 영향을 확인하였다.

Research Objective

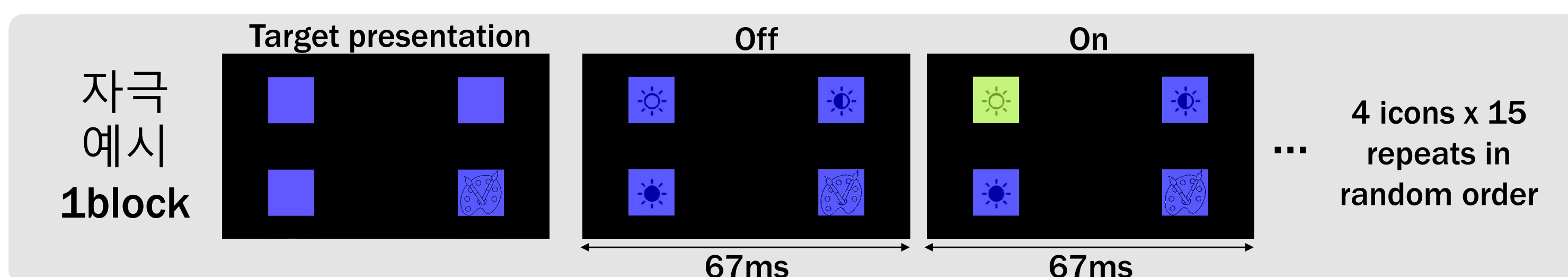
- 본 연구에서는 사용자가 일상 생활에서 흔하게 일어나는 활동인 말하기, 듣기 과제를 수행함과 동시에 P300 기반 BCI를 사용하는 것이 ERP 및 BCI 성능에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

Methods

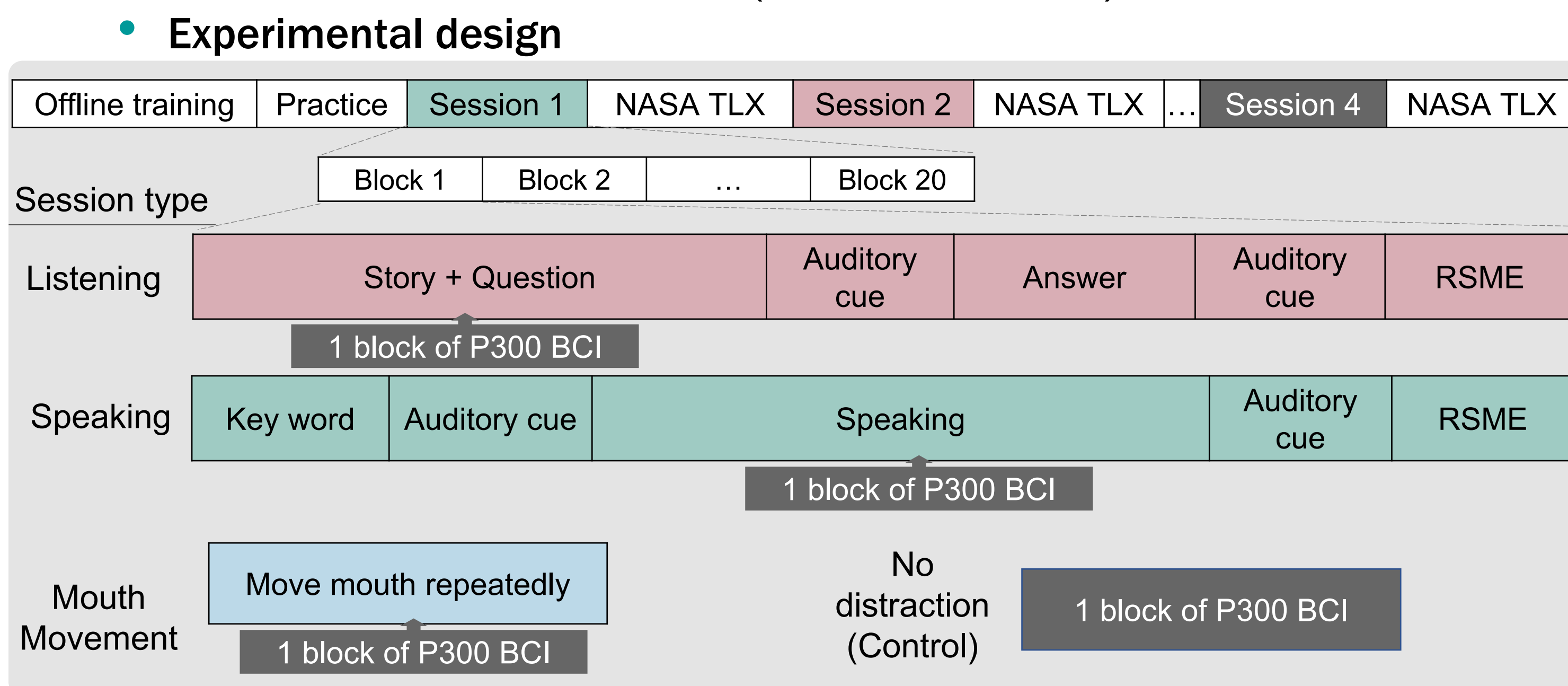
- Experiments
 - Behavioral Experiment
 - Participants: 30명의 일반인 (age 22.38 ± 3.44 , 여 7명)
 - Task: 짧은 이야기를 듣고 질문에 답변 (Listening), 주어진 키워드 또는 질문에 20초간 답변 (Speaking)
 - Experimental design
 - NASA TLX: NASA Task Load Index
 - RSME: Rating Scale Mental Effort



- Main Experiment
 - Participants: 10명의 일반인 (age 20.7 ± 2.54 , 여 1명)
 - Task: speaking, listening, mouth movement 도중 P300기반 BCI 제어
 - P300기반 BCI 제어 (Visual oddball task, target: nontarget = 1: 3)



- Speaking 과 Listening 은 behavioral experiment 와 동일
- 지시에 따라 입 모양을 움직임 (Mouth Movement)



- EEG acquisition
 - Sampling rate 500Hz, 31 channels (FP1, FPz, FP2, Fz, F3, F4, F7, F8, FT9, FC1, FC2, FC5, FC6, FT10, T7, C3, Cz, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, Pz, P3, P4, P7, P8, O1, Oz, and O2)

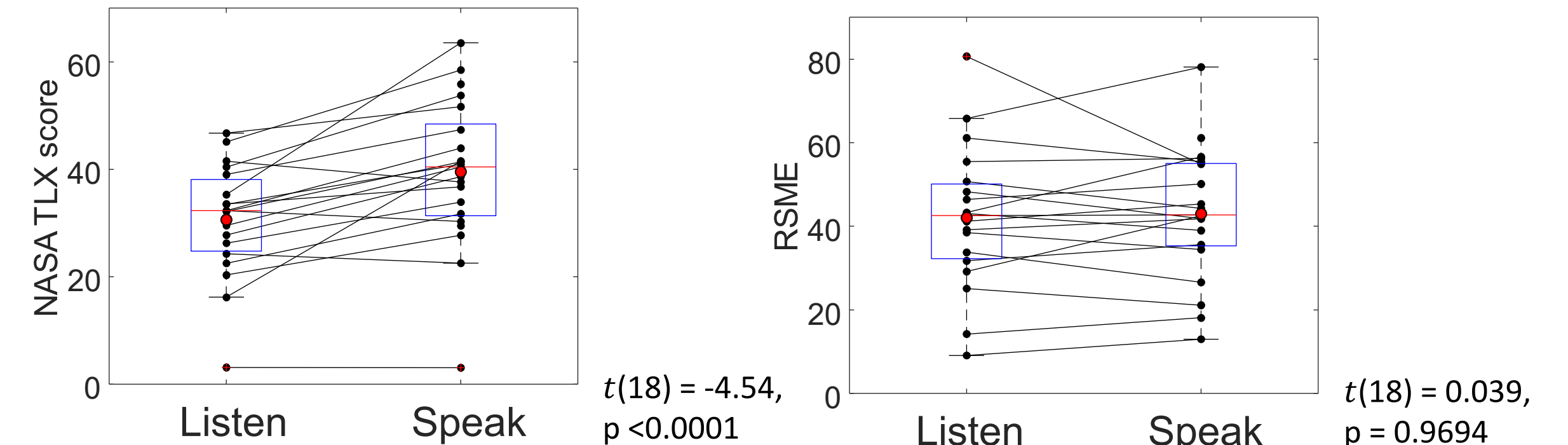
Acknowledgment

- This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF), under 2021 Project BK21 Four.

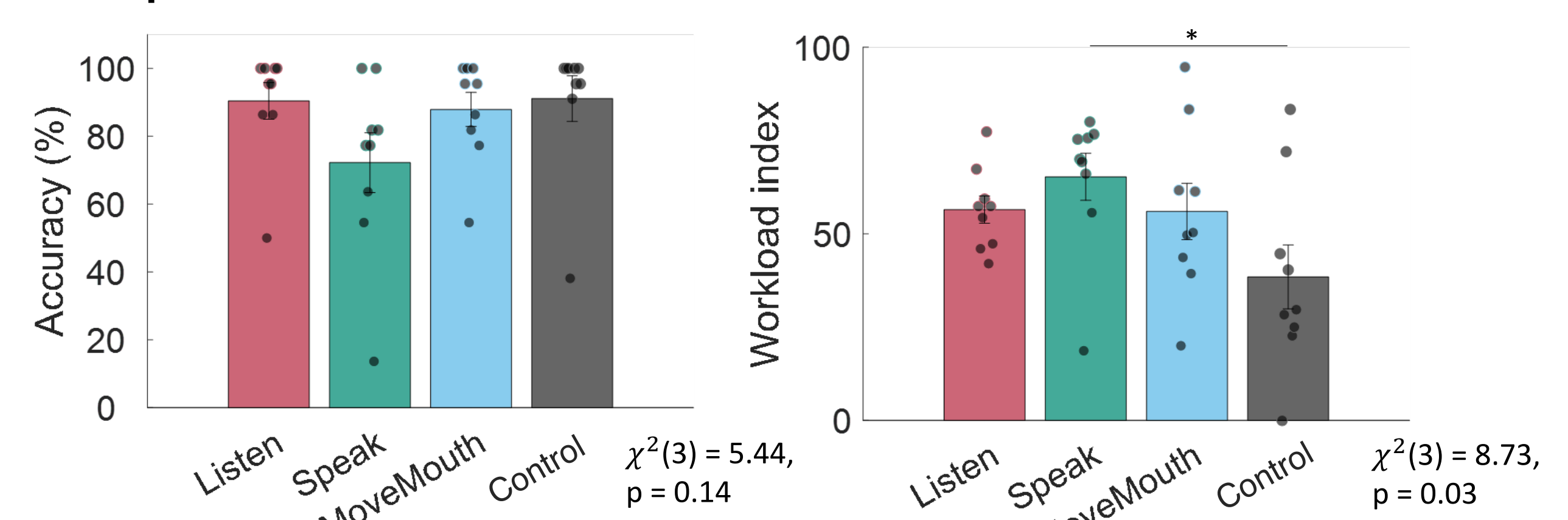
- EEG Preprocessing and Classification
 - 0.5Hz FIR Highpass filter → Bad channel rejection → Common average reference → 50Hz FIR lowpass filter → Artifact subspace reconstruction (ASR) [5] → Epoching (-200~600ms) → Discriminative Spatial Pattern (DSP) [6] → sigmoid kernel SVM

Results

- Behavior data (Behavioral experiment)

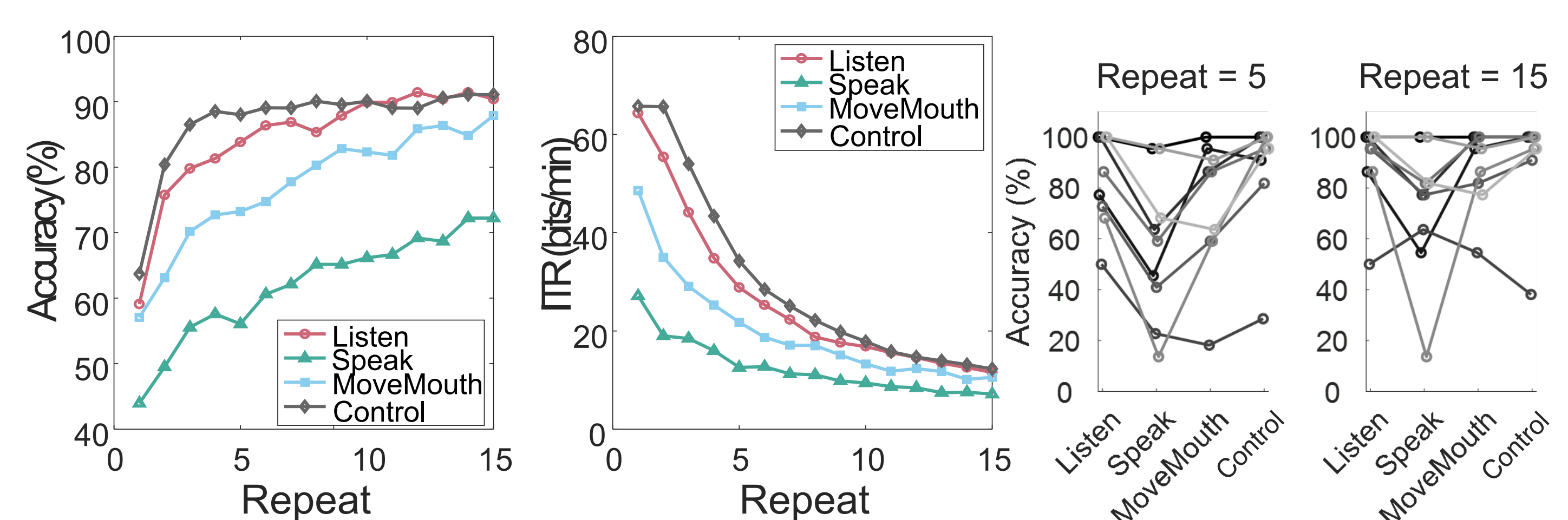


- Online BCI performance and workload index

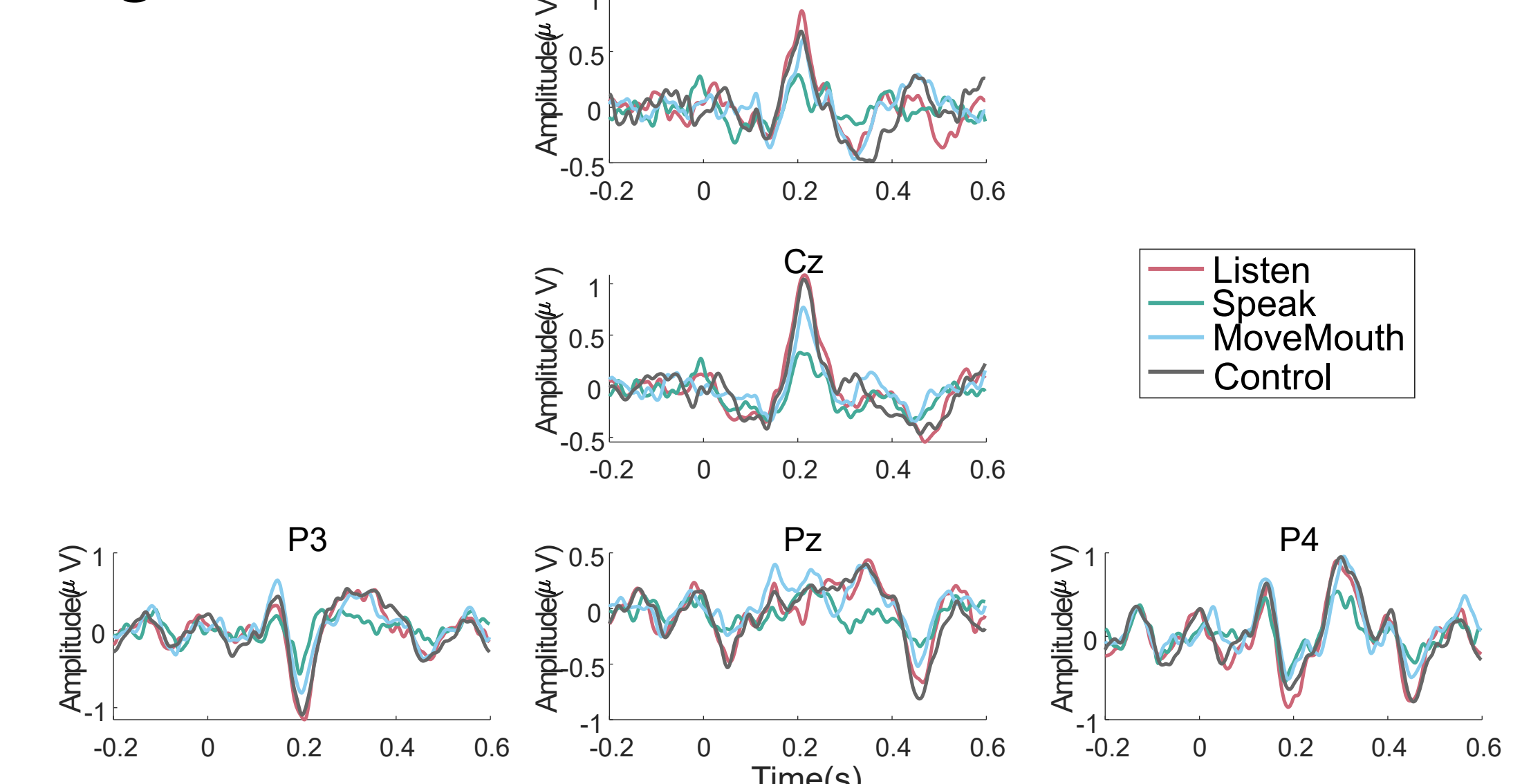


Accuracy (%)	Listen	Speak	Mouth Movement	Control	Workload index	Listen	Speak	Mouth Movement	Control
Mean	90.40	72.22	87.88	91.11	Mean	56.48	65.26	56	38.44
Std	16.14	26.45	15.08	20.14	Std	11.01	18.90	22.64	25.67

- BCI performance with different repetitions



- Grand averaged ERP



Discussion

- 온라인 P300 BCI 제어 실험 결과 BCI 제어만 수행한 경우 (Control) 가장 성능이 높았고, 듣기 (Listening), 입 움직이기 (Mouth Movement)가 그 뒤를 따랐으며, 말하기 (Speaking) 수행 시 가장 성능이 낮은 것으로 나타났다. ($p > 0.05$)
- 온라인 실험 시 정신적 부하는 말하기 수행 시 가장 높았고, 듣기와 입 움직이기가 그 뒤를 따랐으며, BCI 제어만 수행 시 가장 낮은 것으로 나타났다. ($p < 0.05$)
- 자극 반복 횟수를 감소시킬 경우 입 움직이기와 말하기 조건에서 정확도가 크게 감소하고 (repeat 5 < repeat 15, $p < 0.05$), 정확도의 분산이 커지는 경향을 보인다.
- P300 BCI와 동시에 수행할 경우, 듣기 보다는 말하기가 더 큰 방해 효과를 미치는 것을 확인할 수 있다.

Reference

- [1] I. Käthner et al., "Effects of mental workload and fatigue on the P300, alpha and theta band power during operation of an ERP (P300) brain-computer interface," Biol. Psychol., vol.102, pp.118–129, 2014
- [2] J. Polich, "Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b," Clin. Neurophysiol., vol. 118, pp. 2128–2148, 2007.
- [3] Y. Ke et al., "Training and testing ERP-BCIs under different mental workload conditions," J. Neural Eng., vol. 13, no.1, pp. 016007, 2015
- [4] Y. Chen et al., "Enhancing performance of P300-Speller under mental workload by incorporating dual-task data during classifier training," Comput Methods Programs Biomed., vol.152, pp. 35–43, 2017
- [5] T. R. Mullen et al., "Real-time neuroimaging and cognitive monitoring using wearable dry EEG," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 62, no. 11, pp. 2553–2567, Nov. 2015.
- [6] X. Lao et al., "Combining Spatial Filters for the Classification of Single-Trial EEG in a Finger Movement Task," IEEE TRANS. Biomed. Eng., vol.54, no.5, 2007.