

Related Works

in Image Reconstruction From EEG Brain Signals



Graduate Project 1 (3183) - Karpjoo Jeong

Team 7, EEmage – Advisor : Eun Yi Kim

Computer Science and Engineering 201811218 Hyun Woo Lee

Computer Science and Engineering 201811182 Wonjun Park

Computer Science and Engineering 201911193 Esan Woo

Abstract

이 보고서는 EEG (Electroencephalography) Brain Signals로부터 인간의 시각 이미지를 재현하는 최근 연구들에 대한 리뷰입니다. EEG data는 Brain-Computer Interface (BCI) 분야에서 각광받고 있는 데이터 중 하나로, 이를 통해 시각을 재현할 수 있다는 것은 기정사실화 되어 가고 있습니다. 이 보고서에서는 최근 연구 동향 중 본 연구 프로젝트와 비슷한 연구들을 살펴봅니다.

I. Introduction

본 연구 프로젝트는 현재 “인간의 시각 체계가 형성되는 데에는 Supervision이 필요하지 않다”는 가설을 토대로 하고 있습니다. 이 가설을 통해 시각 이미지 재현 프레임워크 중 인간의 시각 체계에 해당하는 인코딩 방법에 Supervised Learning을 사용하는 것이 실제 인간과 맞지 않다고 생각하여 탈피하고자 합니다.

본 프로젝트에서는 이를 제외한 방법의 제안을 준비하고 있고, 기술동향보고서의 특성상 간략한 제안 방법은 *Conclusion* 에서 다루도록 하겠습니다. 한편 여전히 현재 제안을 준비하는 방법 외에 여러 Unsupervised method나 Attention method 등에 대해서도 열려있음을 알립니다. 본 보고서에서 소개하는 연구들은 결론부에서 제안하고자 하는 것과 관련된 연구들입니다.

II. Related Works

A. Khare, Sanchita, et al. (2022) [1]

이 연구에서 지적인 기존의 문제는 GAN 방법의 한계와 결을 같이합니다. 생성한 이미지가 흐릿하거나, 너무 낮은 해상도의 이미지가 생성된다는 등의 문제입니다. 이를 해결하기 위해 연구자들은 디코딩 방법에 집중하였고, 시각 재현 프레임워크 중 디코딩 방법의 개선에 기여했습니다. NeuroVision이라 명명한 프레임워크를 제안한 이 연구에서는, Progressive Growing of GAN [2] 을 이용한 Conditional ProGAN을 보였습니다. 이를 통해 보다 선명한 이미지를 얻고자 하였고, 그에 맞는 결과를 보여주었습니다.

한편 인코딩 방법에서는 LSTM과 GRU 등의 알고리즘 등을 이용해 EEG의 Feature Vector를 추출해냈는데, 신경망 모델의 학습 과정에서 Supervised Learning을 이용하였습니다. 본 연구의 관점에서는 해당 연구가 EEG 데이터를 토대로 이미지 생성을 하려는 프레임워크에 대한 Reproducibility는 보여주었지만, 가설을 통해 지적하고자 하는 바는 해결하지 못했다는 한계점이 존재합니다.

B. Ye, Zesheng, et al. (2024) [3]

NeuroVision보다 최근 연구이자, Supervised method에서 탈피하고자 한 연구입니다. 이 연구에서는 “Is the class-specific reconstruction with GANs the only way to restore visual stimuli from EEG Signals?”라는 질문을 던지며 Self-supervised method와 multimodality를 이용해 이미지 재생성 파이프라인을 형성했습니다. 확실히 해당 연구는 인코딩 방법에 Self-supervised Learning을 적용했다는 점에서 본 프로젝트와 같은 문제점을 인식하고 있음은 자명합니다. 하지만 이 연구 또한 여전히 인코딩 방법에 multimodality를 통해 visual cue, 라벨링 된 데이터를 이용했다는 점에서 그 한계를 보여줍니다.

III. Conclusion

본 프로젝트에서 제안하고자 하는 방법은 Autoencoder를 이용한 Self-supervised Learning과 Transfer Learning을 이용한 Feature Vector 추출, 그리고 GAN을 이용한 이미지 재구성입니다. 이를 통해 뇌의 비밀을 푸는 것과 Brain-Computer Interface (BCI) 발전에 기여할 수 있기를 기대합니다.

Reference

- [1] Khare, Sanchita, et al. "NeuroVision: perceived image regeneration using cProGAN." *Neural Computing and Applications* 34.8 (2022): 5979-5991.
- [2] Karras, Tero, et al. "Progressive growing of gans for improved quality, stability, and variation." *arXiv preprint arXiv:1710.10196* (2017).
- [3] Ye, Zesheng, et al. "Self-supervised cross-modal visual retrieval from brain activities." *Pattern Recognition* 145 (2024): 109915.