

WISPER: Wireless Intracranial Speech Extraction for Robot Control

1. Antragsteller

PD Dr. Tonio Ball ¹ (Koordinator)	Brain-Computer Interfaces
Prof. Dr. Wolfram Burgard ²	Robotik
Prof. Dr. Peter Auer ³	Linguistik

¹Universitätsklinikum Freiburg
Klinik für Neurochirurgie
Engelbergerstr. 21
79106 Freiburg

²Albert-Ludwigs Universität Freiburg
Institut für Informatik
Georges-Koehler-Allee 079
79110 Freiburg

³Albert-Ludwigs Universität Freiburg
Germanistische Linguistik
Belfortstr. 18
79085 Freiburg

Zusammenfassung

Das beantragte Projekt an der Schnittstelle zwischen Neurorobotik, Linguistik und klinischen Neurowissenschaften hat zum Ziel, ein neuartiges System zur Interaktion zwischen Mensch und Robotern über sprachbezogene Gehirnaktivität zu entwickeln. Sprachbezogene Hirnsignale werden hierbei von einem Brain-Computer Interface (BCI) in ein Kontrollsignal für einen Roboter übersetzt.

Bisherige Ansätze zur Dekodierung sprachbezogener Gehirnaktivität waren weitgehend auf unnatürliche, experimentelle Sprachaufgaben beschränkt. Gehirn-kontrollierte neurorobotische Systeme sollten jedoch mit uneingeschränkter, natürlicher Sprachproduktion umgehen können, um eine nützliche Hilfsfunktion zu erfüllen. Die zentrale Innovation des beantragten Projekts besteht darin, dass wir erstmals Sprachdekodierung auf solche natürlichen Bedingungen der Sprachproduktion übertragen werden. Um dieses Ziel zu erreichen, vereint das Projekt Expertise in BCI-Forschung, Robotik/Maschinellern Lernen, sowie Linguistik, und wird auf jüngste Fortschritte in der Analyse von intrakraniellem EEG bei neurologischen Patienten zurückgreifen. Im Gegensatz zu früheren Studien werden wir zudem drei grundlegende Ebenen der linguistischen Analyse (Phonologie, Semantik und Syntax) gemeinsam betrachten, um die Sprachäußerungen der Patienten möglichst zuverlässig zu dekodieren und ein BCI anzusteuern.

Ziel ist ein voll funktionsfähiger Prototyp eines mit sprachbezogener Hirnaktivität kontrollierten BCI-Systems. Wir erwarten, dass dieses System die Zuverlässigkeit der Mensch-Roboter Interaktion signifikant verbessern wird. Die experimentelle Validierung des Systems wird in einem drahtlosen Anwendungsszenario durchgeführt, in dem ein Roboter-Assistent zur Nahrungsaufnahme angesteuert wird. Wir erwarten, dass unser Projekt so einen grundlegend neuen Weg der Kommunikation zwischen Mensch und intelligenten Robotern bahnen wird.

Deutscher Titel: Drahtlose intrakranielle Dekodierung von Sprachsignalen für die Kontrolle von Robotersystemen

2. Summary

This project at the interface of neurorobotics, linguistics and clinical neuroscience aims to develop a novel system for human-to-robot interaction via speech-related brain signals. For instance, if a patient in need of a robotic assistant thinks that (s)he would like to eat an apple, the underlying brain activity will be used to decode this information. In a next step, a corresponding command will be forwarded via a brain-computer interface (BCI), e.g., to a mobile robot or to a robotic hand.

Most of the current approaches to speech decoding from brain activity have been restricted to artificial, experimental language tasks, although brain-controlled neurobotic devices should work with unrestricted, real-life speech production to provide useful assistance. The central innovation of the present project is that we will take speech decoding to such conditions. To achieve this goal, the project unites expertise in brain-computer interfacing, robotics/ machine learning, and linguistics, and it will exploit recent advances in the analysis of intracranial electroencephalography (iEEG) obtained with implanted electrodes in neurological patients. In contrast to previous studies, we will use multiple fundamental levels of linguistic description (phonological, semantic, and syntactic) simultaneously to decode the subject's speech output from brain activity and control a BCI.

The goal of this project is to develop a fully functional prototype of a speech-based BCI system. We expect this system to significantly enhance the accuracy of human-to-robot interaction by leveraging complementary information from multiple levels of linguistic abstraction. Experimental validation of our prototype system will be carried out in an application scenario of controlling a robotic eating and drinking assistant. We expect our project to open up an entirely new and efficient communication channel between humans and intelligent robots.

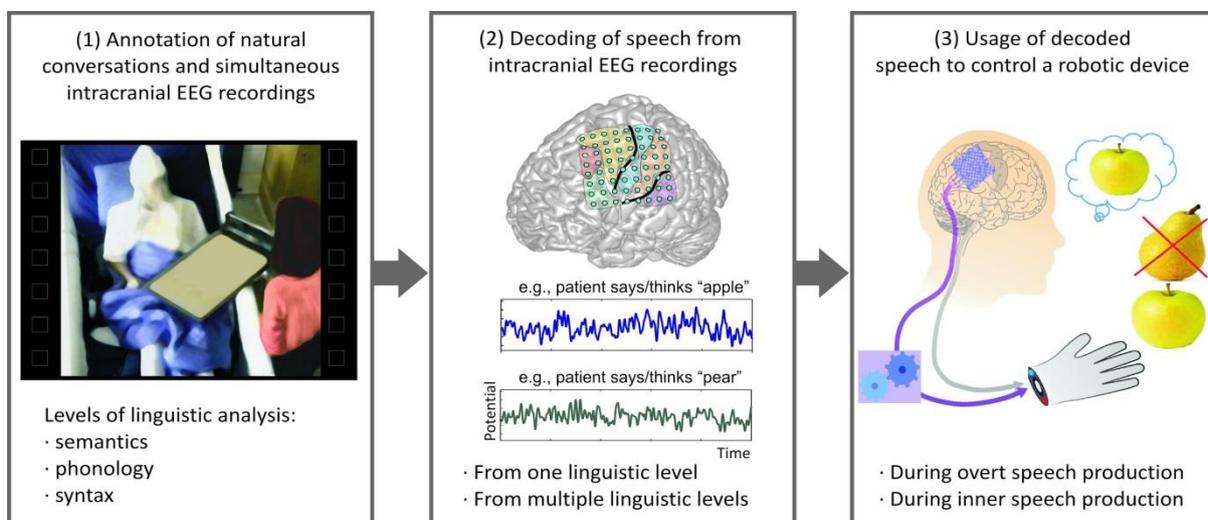


Fig. 1: Concept of the WISPER project. Material modified from own previous publications: (1) and (2) from Derix et al. (2012), (3) from Thinnis-Elker et al. (2012).