



Evaluation der Nutzbarkeit von EMG zur Bewegungsvorhersage

—

Proposal zur Masterarbeit im Studiengang Systems Engineering

Author: Marc Tabie

1. Prüfer: Prof. Dr. Frank Kirchner
2. Prüfer: Dr. Su Kyoung Kim

Motivation

Die aBRI-Gruppe (adaptive Brain Reading Interface) befasst sich im Rahmen des VI-Bot-Projektes mit der Single-Trial Auswertung von Gehirnaktivität. Die Ableitung der Gehirnaktivität erfolgt über eine EEG-Messeinheit (Elektroenzephalografie) der Firma Brain Products GmbH. Der Fokus der derzeitigen Arbeiten liegt auf zwei Potentialen, der P300 und dem LRP (Lateralized readiness potential). Bei dem LRP handelt es sich um ein Potential, welches in der Planungsphase einer Bewegung entsteht. Je nach Komplexität der auszuführenden Bewegung tritt das Potential bis zu einer Sekunde vor der Bewegung auf. Ein Ziel der aBRI-Gruppe ist es, dieses Potential zu nutzen um Bewegungen vorherzusagen. Diese Vorhersage wird dann genutzt um das Exoskelett, welches im Rahmen des VI-Bot-Projekts entwickelt wird, aus einer Ruheposition zu lösen.

Nach jetzigem Stand wird die Vorhersage, durch die Ausgabe einer Wahrscheinlichkeit für eine anstehende Bewegung realisiert werden und keine klare Aussage wie “Bewegung“ oder “Keine Bewegung“ sein. Als Ergänzung zu der Wahrscheinlichkeit einer anstehenden Bewegung wird in dieser Arbeit evaluiert ob und gegebenenfalls wie gut EMG (Elektromyografie) für die Bewegungsvorhersage genutzt werden kann. Mit Hilfe von EMG wird Muskelaktivität gemessen. In unserem Fall kommen Oberflächenelektroden zum Einsatz, die über dem Muskel platziert werden, dessen Aktivität gemessen werden soll. Es wurden schon viele EEG-Datensätze aufgenommen, welche neben EEG- auch 2-4 EMG-Kanäle enthalten. Judith Suttrup hat sich in ihrer Bachelorarbeit “EMG-Detektion des Bewegungsbeginns der menschlichen Armmuskulatur: Kontrollsignal für eine LRP basierte Exoskelettsteuerung“ [Suttrup(2009)], welche ebenfalls im Rahmen des VI-Bot Projektes und im speziellen in der aBRI-Gruppe geschrieben wurde, mit der Analyse dieser Daten befasst. In ihrer Arbeit hat sie einen Algorithmus zur Offlinedetektion des Bewegungsbeginns eines Arms, auf Basis von EMG-Signalen, implementiert.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Algorithmus zu implementieren, welcher den Bewegungsbeginn eines Arms, mit Hilfe von EMG-Signalen, online detektieren und so die EEG-Daten markieren kann. Zusätzlich soll der Proband während der Datengewinnung mit einem High-Speed-Trackingsystem gefilmt werden. Mit Hilfe der Trackingdaten ist es dann möglich den tatsächlichen Bewegungsbeginn zeitlich zu lokalisieren um ein Abgleich mit den Markierungen des Bewegungsbeginns aus dem EMG-Signal zu erhalten. Die so gewonnenen Daten werden dann dahingehend analysiert, ob der Bewegungsbeginn zeitgleich, vor oder nach dem Bewegungsbeginn lokalisiert ist, wobei letzteres nicht erwartet wird. Die so gewonnenen Erkenntnisse können dann als zusätzliche Information für die Detektion eines Bewegungsbeginns genutzt werden.

AP1 Literaturrecherche / State of the Art

Dieses Arbeitspaket dient der Einarbeitung in die Thematik EMG und EMG-Verarbeitung. Zum einen soll ein generelles Verständnis dafür erlangt werden, was die neurobiologischen Grundlagen des EMG sind, zum anderen wie sich andere Forschungsgruppen das Potential zu nutze gemacht haben und welche Anwendungen es gegebenenfalls gibt.

AP2 Implementierung

AP2.1 Implementierung von Algorithmen zur online Detektions eines Bewegungsbeginns mit Hilfe von EMG-Signalen

In diesem AP werden bestehende Konzepte zur online Bewegungsbeginnndetektion auf Basis von EMG-Signalen aufgegriffen und implementiert. Die Implementierung erfolgt in C++ sowie in Python. Dies ist nötig, da die von der aBRI-Gruppe verwendete Software in diesen beiden Programmiersprachen implementiert ist. Die Implementierung umfasst zwei Hauptpunkte:

- **Filterung:** Bei der Ableitung von EMG-Signalen besteht das Problem der kontaminierung des Signals durch EKG (Elektrokardiogramm). Dieser Einfluss kann durch die Platzierung der Referenzelektrode minimiert werden. Häufig wird die Referenzelektrode an einem Ohrläppchen platziert. Um die Implementierung unabhängig von der Platzierung der Referenzelektrode zu halten, ist es nötig, einen geeigneten Filter zu ermitteln und zu implementieren. Im Gegensatz zum EMG-Signal ist das EKG-Signal ein eher niederfrequentes Signal, daher bietet sich für die Filterung ein Hochpassfilter an. Ziel ist es einen Filter zu implementieren, der hinsichtlich der Verarbeitungszeit (möglichst gering) und Performance (möglichst gute Filterung des EKG-Signals) den besten Kompromiss darstellt.
- **Detektion des Bewegungsbeginns:** Es gibt verschiedene Ansätze um den Bewegungsbeginn aus einem EMG-Signals zu bestimmen. Das Spektrum reicht von einfache Schwellwertverfahren, über Multi-Schwellwertverfahren hin zu Wahrscheinlichkeitsverfahren. Von diesen Methoden werden möglichst viele implementiert und, genau

wie der Filter, hinsichtlich ihre Verarbeitungszeit und Performance (Genauigkeit der Markierung des Bewegungsbeginns) beurteilt.

AP2.2 Test der Algorithmen auf bereits akquirierten Daten

Es wurden bereits viele EEG-Datensätze aufgezeichnet, die zusätzlich 2-4 EMG Kanäle enthalten. Mit diesen Datensätzen können die verschiedenen Filter und EMG-Onsetdetektions-Algorithmen getestet werden. Hierzu müssen in den Datensätzen die Bewegungsbeginne zunächst von Hand markiert werden. Die Bewertung der Algorithmenpaare (Filter/Detektion des Bewegungsbeginns) erfolgt dann, neben dem Aspekt der Verarbeitungszeit, hinsichtlich des zeitlichen Abstands zu den von Hand eingefügten Markierungen. Alle Algorithmenpaare die sich als geeignet erweisen, werden für die folgenden Untersuchungen mit berücksichtigt.

AP2.3 Intergation in das aBRI-DP Framework

Bei dem aBRI-DP Framework handelt es sich um ein am DFKI entwickeltes, modulares Maschine-Learning-Framework. Das aBRI-DP Framework wird zur Analyse und Klassifizierung von Gehirn-Potentialen in EEG-Signalen verwendet. Es stehen Module zur Vor- und Nachverarbeitung, zur Klassifizierung und zum Speichern der Daten zur Verfügung. Die in dieser Arbeit entwickelten Algorithmen werden als Module in das aBRI-DP Framework integriert. Das ermöglicht eine einfache Nutzung der Algorithmen im Rahmen der gesamten aBRI-Gruppe.

AP3 Qualiysis[©] Trackingsystem

Das Qualiysis[©] Trackingsystem besteht aus drei Kameras mit einer jeweiligen Samplingrate von 1000 Hz. Das System trackt spezielle Marker und gibt deren Position in 3D-Koordinaten zurück. Laut Hersteller beträgt die maximale Genauigkeit 50 μm . Dieses System wird genutzt werden um den tatsächlichen Bewegungsbeginn zu detektieren und in den EMG-Daten zu markieren. Diese Markierungen dienen dann als Referenz zur Bewertung der entwickelten Algorithmen.

AP3.1 Inbetriebnahme

In diesem Arbeitspaket werde ich mich mit der Funktionsweise und Bedienung des Qualisys[©] Trackingsystems beschäftigen. Dazu gehört die Bedienung der GUI, das Kalibrieren des Kamerasystems und die Synchronisation der EMG-Daten mit denen des Trackingsystems. Für den letzten Punkt besteht die Möglichkeit eine Aufnahme über ein externes Triggersignal zu starten und zu stoppen. Bei Benutzung eines externen Triggersignals kann dieses auch als Marker in die EMG-Daten geschrieben werden. So sollte es möglich sein eine sehr genaue und einfache Synchronisation zwischen EMG- und Trackingdaten zu realisieren.

AP3.2 Verarbeitung der Trackingdaten

Wie oben beschrieben zeichnet das Trackingsystem die 3D-Koordinaten der Marker auf. Ziel dieses Arbeitspakets ist es, aus den so erhobenen Daten die Bewegungsbeginne zu ermitteln und die EMG-Daten nachzumarkieren. Hierzu werden geeignete Methode entwickelt und in einer Software umgesetzt werden.

AP4 Versuche

AP4.1 Definition von Versuchen

In diesem Arbeitspaket werden die durchzuführenden Versuche spezifiziert werden. Für die Übertragbarkeit auf das VI-Bot Projekt werden die Versuche so ausgelegt werden, dass Bewegungen des rechten Armes analysiert werden. Um eventuelle Überlagerungen von mehreren EMG-Signalen zu vermeiden, sollen im ersten Schritt Versuche entwickelt werden, die nur eine spezielle Muskelgruppe (Bizeps, Trizeps,...) beanspruchen. Nach der Auswertung der so gewonnenen Daten sind auch Versuche mit gemischten Beanspruchungen denkbar.

AP4.2 Versuchsdurchführung

In diesem Arbeitspaket werden die in AP4.1 entwickelten Versuche durchgeführt. Für die Aufzeichnung von EEG- und oder EMG-Daten gibt es im DFKI einen gegen EM-Strahlung abgeschirmten Raum, der für alle Versuche möglichst die gleichen Bedingungen

schaft. Der Proband ist in diesem Raum weitestgehend vor auditorischen Signalen und ablenkenden visuellen Eindrücken geschützt.

AP5 Versuchsauswertung

In diesem Arbeitspaket werden die entwickelten Algorithmen auf den im AP4.2 akquirierten Daten getestet. Ziel ist es, einerseits die Performance der Algorithmen zu bestimmen und andererseits eine Aussage darüber zu treffen ob EMG-Signale für die Vorhersage eines Bewegungsbeginns genutzt werden können.

AP6 Kosten

Es werden voraussichtlich keine Kosten entstehen.

Literatur

[Suttrup(2009)]

Judith Suttrup, Bachelorarbeit: *EMG-Detektion des Bewegungsbeginns der menschlichen Armmuskulatur: Kontrollsignal für eine LRP basierte Exoskelettsteuerung*, Hochschule Bremen, 2009