

[Working Title] Using a neural interface for interaction in virtual reality

an HCI study

Masters Thesis

To obtain the academic degree M.Sc.

Julius Neudecker

2025850



University of applied sciences Hamburg
Faculty of Design, Media und Information
Department of Media Engineering

First examiner: Prof. Dr. Roland Greule

Second examiner: Dipl. Inf. Rüdiger Höfert

preliminary version from May 13, 2021

Contents

1	Introduction	5
1.1	Neural Interfaces	5
1.2	Related work	5
1.3	Use case "Neural Interface in VR"	5
1.4	Hypothesis	5
2	Technological challenges	6
2.1	Resolution of the Interface	6
2.2	Constraints	6
3	Survey Structure and layout	7
3.1	Considerations	7
3.2	Survey structure	7
3.3	Survey	7
4	Survey results	8
5	Findings	9
6	Conclusion	10
6.1	Results	10
6.2	Future Work	10
7	Acknowledgements	11
8	Mathestuff	12
8.1	Pictures	12
8.2	Unterkapitel mit Mathematik, Bildern und Querverweisen	12
8.3	Unterkapitel mit zwei Zitaten	13
9	Ein anderes Kapitel	14
9.1	Unterkapitel mit Fuxnote, Aufzählungen und Tabellen	14
9.2	Unterkapitel mit drei exemplarischen Quellenverweisen	15
9.2.1	Unter-Unterkapitel zu Hyperlinks und Internetquellen	15
10	Ergebnisse	17

Contents

A Material	18
A.1 Fragebogen, Messprotokolle etc.	18
List of Figures	19
List of Tables	20
Bibliography	21

Abstract

Modern technology evolved to pick up the electric signals emitted from the human brain in order to generate user input to electronic equipment. This study aims to evaluate a demo use-case by using a neural interface from nextmind to control user interactions in Virtual Reality.

1 Introduction

1.1 Neural Interfaces

This section will be a general Introduction to elaborate the topic and putting it into context of the state of research

- Picking up brain activity
- Invasive vs non-invasive
- Usage for interacting with electronic equipment

1.2 Related work

Whats state of the art, what has been done so far in research and where is my study in context?

- State of research
- Applications in the medical domain
- Applications in the HCI domain
- other...

1.3 Use case "Neural Interface in VR"

I don't have a certain use-case in mind at this stage. Therefore this section is still very generic at the moment.

- Use Case description
- Research goals

1.4 Hypothesis

- definition of research goals
- hypothesis

2 Technological challenges

Due to being non-invasive there must exist certain drawbacks with this technology. I want to examine the shortcomings and possible ways to overcome these. A valuable resource of information might be nextminds homepage [Nex](#).

2.1 Resolution of the Interface

- definition of the resolution parameter
- input taxonomy diagram
- how to examine with survey

2.2 Constraints

As far as I understood, the interface allows for four different interaction goals. It would be interesting to see, which kinds of interaction are possible.

- Interaction objects
- interaction types in regard to input taxonomy
- evaluation in user survey

3 Survey Structure and layout

3.1 Considerations

- Which topics do I want to evaluate in detail
- what are my tools
- Who is my audience
- how to I operationalize the values for context
- What are my performance indicators

3.2 Survey structure

Based on the findings, I want to define the survey in this section.

- item 1
- ...

3.3 Survey

How is the survey carried out. This depends largely on the outcome of section survey structure.

- item 1
- ...

4 Survey results

Once the study has been structured and carried out, I can write down the results.

5 Findings

This section also depends on the outcomes in context to the research question.

6 Conclusion

6.1 Results

Summarizing the results and findings of the study briefly.

6.2 Future Work

Based on the findings and new devices on the horizon, this should give a brief outlook on how to continue this research.

7 Acknowledgements

...

8 Mathestuff

8.1 Pictures



Figure 8.1: Abnahme einer Trommel mit speziellem Anklemm-Mikrofon

8.2 Unterkapitel mit Mathematik, Bildern und Querverweisen

Für Formelsatz stellt \LaTeX die nummerierte Umgebung `equation` und die nicht-nummerierte Umgebung `displaymath` zur Verfügung. Mit `label` und `ref` kann dann im Text Bezug auf die Gleichungen genommen werden (Gleichung 8.1).

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (8.1)$$

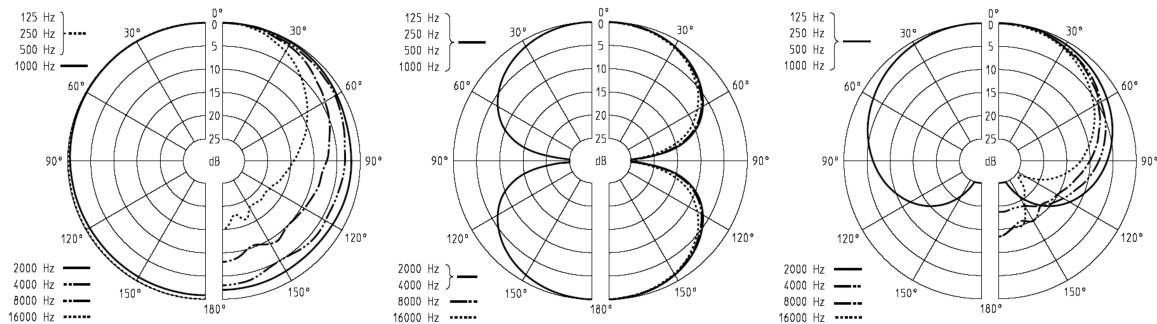


Figure 8.2: Richtcharakteristiken von Kleinmembran-Studiomikrofonen. V.l.n.r.: Kugel, Acht, Niere. Die Bildbreite ist hier skaliert auf die volle Breite des Satzspiegels.

Mathematik im Zeilenmodus sieht so aus $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{m}}$, wxhrend dieselbe Gleichung als abgesetzte Formel – hier mit der `displaymath`-Umgebung – so aussieht:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{m}}$$

Fxr mehrzeilige Herleitungen oder Berechnungen benutzt man in `LATEX` die Umgebung `eqnarray`.

Einheiten innerhalb von Formeln werden – wie auch Text – grundsxtzlich steil (nicht-kursiv) gesetzt. Innerhalb der mathematischen Umgebung nimmt man dafxr eine `mbox` (make box); die Abstxnde werden mit Komma, Semikolon oder `quad` eingestellt:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{m}} \quad [\text{Hz}]$$

Gleiches gilt fxr Funktionsnamen (`sin`, `cos`, `arctan`, `log`, ...). Fxr die meisten Funktionsnamen gibt es aber zur Vereinfachung entsprechende Befehle, sodass man nicht immer die `mbox` braucht.

8.3 Unterkapitel mit zwei Zitaten

Das wxrtliche Zitat wird durch Kursivschrift und Anfxhrungszeichen kenntlich gemacht, und natxrlich kommt ein Quellenverweis dazu:

Nisi irure excepteur eiusmod reprehenderit commodo ipsum exercitation. [Sowodniok \(2009\)](#)

Alternativ kann man ein Zitat auch in den laufenden Text einflechten, denn wie schon Sowodniok bemerkte, muss sich *Laboris tempor pariatur cillum sunt veniam labore duis ipsum eu cupidatat enim id.* ([Sowodniok 2009](#): 111). Die Quellenverweise werden weiter unten erklxrt.

9 Ein anderes Kapitel

9.1 Unterkapitel mit Fuxnote, Aufzählungen und Tabellen

Fuxnoten sollte man sparsam und bewusst verwenden, erklärende Zusätze und Quellenverweise möglichst in den Text integrieren. Damit bleiben Fuxnoten v.A. reserviert für wenige Ergänzungen, die den Lesefluss stören würden, aber nicht weggelassen werden sollen¹.

Für Aufzählungen stellt L^AT_EX die beiden Umgebungen `itemize` und `enumerate` zur Verfügung. So sieht eine `itemize`-Aufzählung aus:

- erster Punkt
- zweiter Punkt

Und das ist eine `enumerate`-Aufzählung:

1. erster Punkt
2. zweiter Punkt

Aufzählungen können auch verschachtelt werden. Als Beispiel dient hier eine `enumerate`-Umgebung innerhalb einer `enumerate`-Umgebung:

1. erster Punkt
2.
 - a) erster Unterpunkt im zweiten Punkt
 - b) zweiter Unterpunkt im zweiten Punkt
 - c) dritter Unterpunkt im zweiten Punkt
3. dritter Punkt

Als nächstes folgt ein Beispiel für eine einfache Tabelle. Wie auch die Bilder müssen die Tabellen stets Unterschrift und Nummer und zwingend einen Verweis im Text haben. In L^AT_EX wird das wie bei den Abbildungen durch den `caption`-Befehl und das Befehlspaar `label` und `ref` gelöst (Tabelle 9.1). Für ein modernes Tabellenlayout wird das L^AT_EX-booktabs-Paket benutzt (siehe dazu die Kommentare im Quelltext). Die mittlere Spalte ist hier auf feste Breite (6 cm) gesetzt, damit bei viel Text ein automatischer Umbruch erfolgen kann.

Tabelle 9.2 zeigt eine Variante die ein kompakteres und eleganteres Ergebnis liefert, ohne vertikale Striche, dafür mit eingefärbten Zeilen.

¹Und so sieht die Fuxnote dann aus

Erste Bundesliga, Spielzeit 2011/2012			
Platz	Verein	TD	Punkte
1	Borussia Dortmund	+20	29
2	Borussia Mönchengladbach	+14	29
3	FC Bayern München	+26	28
10	Hertha BSC Berlin (Ballspielclub), Verein aus der Hauptstadt	−1	18

Table 9.1: Bundesligatabelle vom 14. Spieltag

Erste Bundesliga, Spielzeit 2011/2012			
1	Borussia Dortmund	+20	29
2	Borussia Mönchengladbach	+14	29
3	FC Bayern München	+26	28
10	Hertha BSC Berlin	−1	18

Table 9.2: Noch eine Bundesligatabelle vom 14. Spieltag

9.2 Unterkapitel mit drei exemplarischen Quellenverweisen

Quellenverweise werden mit Autorennamen und Jahr in runden Klammern gesetzt. Dazu wird hier das `LATEX`-natbib-Paket genutzt; der `citep`-Befehl erzeugt die Quellenangabe auf Basis der Einträge im Literaturverzeichnis ([ray Disc Association 2012](#)). Auf gleiche Weise lassen sich auch mehrere Quellen zusammenfassen ([Dooley and Streicher 1982](#), [Stephenson 1990](#)).

Auf Bücher oder andere umfangreichere Quellen soll mit Seitenangabe verwiesen werden. Dafür stellt der Befehl `citep` einen optionalen Parameter zur Verfügung. Und so sieht dann die vollständige Quellenangabe aus ([Kuttruff 1991](#): 116).

Die Quellen sollen im Literaturverzeichnis alphabetisch sortiert sein.

9.2.1 Unter-Unterkapitel zu Hyperlinks und Internetquellen

Die Beispiele unten im Literaturverzeichnis zeigen exemplarisch, welche Angaben zu den Quellen erforderlich sind (siehe dazu auch die Kommentare im `LATEX`-Quelltext).

Und noch eine `LATEX`-Spezialität zum Schluss: Durch die Einbindung von `url`- und `hyperref`-Paket im header werden die Quellenverweise im PDF-Dokument automatisch mit der jeweiligen Quelle im Literaturverzeichnis verlinkt, und bei Internetquellen werden die URLs anklickbar. Zudem werden die Verzeichnisse (In-

9 *Ein anderes Kapitel*

haltsverzeichnis, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis) mit den jeweiligen Objekten verlinkt, und es werden Links zwischen jedem *label* und dazugehörigem *ref* erzeugt, also z.B. zwischen Bildverweis im Text und dem Bild. Die Farben der Links können im header frei eingestellt werden. Im hier vorgeschlagenen Layout sind die URLs und die Quellenverweise Dunkelblau, die anderen Links sind nicht hervorgehoben (Schwarz).

10 Ergebnisse

Der thematische Teil schließt mit einer klaren inhaltlichen, auf der Grundidee aufbauenden thematischen Zusammenfassung, insbesondere bezogen auf die in der Arbeit gewonnenen eigenen Erkenntnisse und deren mögliche Auswirkungen auf Forschung und Wissenschaft.

Ganz am Schluss, nach eventuellen Anhängen, nach Abbildungs- und evtl. Tabellenverzeichnis, und nach dem Literaturverzeichnis, folgt die Eigenständigkeitserklärung, die unterschrieben werden muss.

A Material

A.1 Fragebogen, Messprotokolle etc.

In den Anhängen landen ggf. Listings, Fragebogen, Datenblätter, Messprotokolle, Skizzen zu Versuchsaufbauten und ähnliches Material zur Arbeit. Im \LaTeX -Dokument leitet der Befehl `appendix` die Anhänge ein.

List of Figures

8.1	Abnahme einer Trommel mit speziellem Anklemm-Mikrofon	12
8.2	Richtcharakteristiken von Kleinmembran-Studiomikrofonen	13

List of Tables

9.1	Bundesligatabelle vom 14. Spieltag	15
9.2	Noch eine Bundesligatabelle vom 14. Spieltag	15

Bibliography

Nextmind | let your mind take control | order your dev kit. URL <https://www.nextmind.com/>.

Ulrike Sowodniok. *Funktionaler Stimmklang – Ein Prozess mit Nachhaltigkeit in: Spehr, Georg (Hrsg.): Funktionale Klänge*, transcript, 2009.

Blu ray Disc Association. White paper blu-ray disc format 2.b audio visual application, format specifications for bd-rom. 1:10, 2012. URL http://www.blu-raydisc.com/Assets/downloadablefile/2b_bdrom_audiovisualapplication_0305-12955-15269.pdf.

Wesley L. Dooley and Ronald D.: Streicher. A powerful technique for working in stereo. *Journ. Audio Engineering Society*, 30:10, 1982.

Uwe Stephenson. Comparison of the mirror image source method and the sound particle simulation method. *Applied Acoustics*, 29, 1990.

Heinrich Kuttruff. *Room Acoustics*. 3. Aufl, Elsevier, 1991.

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt zu haben. Die aus anderen Werken wörtlich entnommenen Stellen oder dem Sinn nach entlehnten Passagen sind durch Quellenangaben eindeutig kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Julius Neudecker