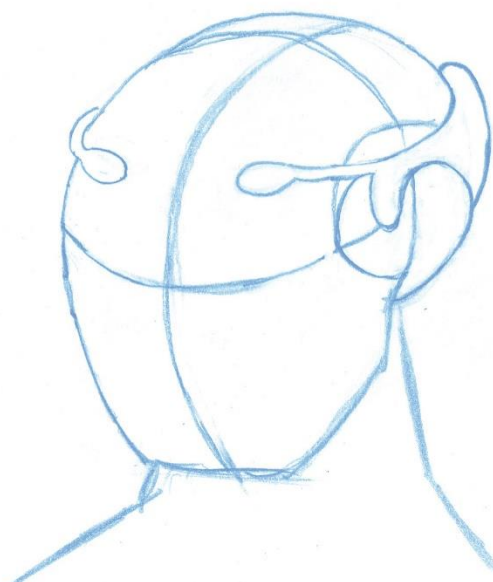


Ontwerp en implementatie van Brein-Computer-Interfaces (BCI)
binnen een Hybrid Design Tool (HDT) ontwerpomgeving



*Toepassingsvoorstel voor
Rawshaping Technology (RST)*



Jan Kleine Deters
S1124315

UNIVERSITEIT
TWENTE.

Bachelor Opdracht
Industrieel ontwerpen

rawshaping®
technology

Ontwerp en implementatie van Brein-Computer-Interfaces (BCI) binnen een Hybrid Design Tool (HDT) ontwerpomgeving

Student: Jan Kleine Deters
Student nummer: S1124315

Bachelor opdracht Industrieel ontwerpen
Faculteit construerende technische wetenschappen (CTW)
Universiteit Twente

Datum presentatie: 08-07-2015

Bedrijf: Rawshaping technology
Adres: De Horst 2
7522 LW
Enschede

E-mail: info@rawshaping.com
Website: <http://www.rawshaping.com/>

Beoordelingscommissie: dr.ir. H.J.M. Geijselaers
dr. M. Poel
ing. R.E. Wendrich

UT-begeleiders: ing. R.E. Wendrich
dr. M. Poel

bedrijfsbegeleider: ing. R.E. Wendrich

Voorwoord

Opdracht omschrijving

Rawshaping Technology (RST) houdt zich bezig met de ontwikkeling van hybride ontwerp-gereedschappen. Het gaat hier om het digitaal/analoge spanningsveld waarbij de gebruiker de controle heeft over het gereedschap en de vrijheid heeft deze in te zetten binnen zijn/haar eigen vakkundigheid, keuzen en bruikbaarheid in het ontwerpproces. Door de technologische ontwikkelingen op het gebied van brain-computer interfaces (BCI), kan verkend worden wat de mogelijkheden zijn om deze technologie toe te passen binnen RST. Het doel van de opdracht is om te onderzoeken, op basis van het RST gedachtegoed, hoe BCI te koppelen is aan een idee-ontwikkelingsproces ('ideation') in een intuïtieve ontwerpomgeving. Het gaat hierbij om het bedenken van concepten waarbij BCI als intelligente sensor(s) gekoppeld wordt aan de idee/conceptfase ('early-phase') van het ontwerpproces. Door BCI te gebruiken is het mogelijk "nudges" of "cues" (duwtje / aandacht trekken) te geven om zo de gebruiker met dit ontwerp-gereedschap te ondersteunen, assisteren en faciliteren tijdens het proces.

Opbouw van het verslag

Het verslag is opgebouwd uit 2 verschillende delen. Kort wordt besproken wat de inhoud van deze delen zal zijn.

[Deel 1 – Hoofdstuk 1 t/m 6, Geschikte implementatie van BCI in een HDT - Ontwerpomgeving](#)

In dit gedeelte wordt toegewerkt naar het testen van een ontwikkelde interactie. Deze interactie bevat een toegevoegd ontwerp-gereedschap en toevoegingen van nudges en cues in een hybride ontwerp omgeving. Ten eerste zal een introductie m.b.t. RST en BCI de basis leggen voor deze testopstelling. Vervolgend wordt met ideeën voor het toepassen van BCI en het zelf produceren van een BCI systeem. Een verdere exploratie van de mogelijkheden die het eigenhandig ontwikkelen van een BCI systeem opgeleverd heeft, leidt uiteindelijk tot een ontwerp-gereedschap dat intuïtief gebruikt kan worden en snel operationeel gemaakt kan worden. Dit zelf ontwikkelde gereedschap wordt aan de hand van gebruikerservaring geëvalueerd om een definitief implementatie voorstel te kunnen doen voor RST.

[Deel 2 – Hoofdstuk 7, Het eind ontwerp](#)

In dit gedeelte wordt naar aanleiding van het testen van de interactie, een voorstel voor doorontwikkeling gedaan. Hierin zullen verschillende aspecten worden besproken zoals de functies m.b.t interactie mogelijkheden, embodiment, technisch ontwerp, de totale systeem structuur en een uiteindelijke evaluatie aan de hand van door RST gespecificeerde eisen aan ontwerp-gereedschappen.

Er wordt afgesloten met de conclusies die getrokken zijn uit deze 3 verschillende delen en er worden aanbevelingen gedaan hoe voortgegaan kan worden op de bevindingen.

Met dank aan

Graag wil ik Robert Wendrich bedanken voor de begeleiding tijdens dit project. De visie op ontwerpen, oprechtheid en positivisme zijn hierin een inspiratie bron voor mij geweest en van wezenlijk belang voor de voortgang van dit project. Niet alleen op professioneel gebied heb ik mij opgetrokken, ook op persoonlijk gebied heb ik hierdoor meer inzicht gekregen in de ontwerper die ik wil worden.

Ook wil ik Mannes Poel bedanken. Dit project is ontstaan doordat ik met de gedachte speelde de master Human-Media-Interaction (HMI, Utwente) te gaan doen. Zo doende belandde ik bij Mannes om te kijken of een oriënterend project opgezet kon worden waarin ik aan mezelf kon bewijzen dat ik geschikt zou zijn voor deze master. Zonder de toegereikte handvatten zoals toegang tot de blackboardsite van BCI (vak), het beschikbaar stellen van een BCI systeem en het mogen slopen van zo'n systeem hebben er voor gezorgd dat dit project vanuit een praktische benadering uitgevoerd kon worden.

Inhoud

<i>Deel 1</i>	<i>Blz.</i>
<u>1. Introductie</u>	<u>1</u>
1.1 Rawshaping Technology (RST)	1
Hybrid design tool environment (HDTE)	3
1.2 Brain-Computer-interface (BCI)	4
BCI systeem	4
Signaal classificatie	5
Consumenten systemen	6
1.3 BCI integratie in RST – HDT	7
Nudges & Cues applicatie mogelijkheden	8
BCI in RST – HDT	9
<u>2. Ideefase</u>	<u>10</u>
Gebruikerstesten	10
Low-cost/open source EEG	12
<u>3. PVE</u>	<u>14</u>
<u>4. Conceptfase – Prototype 1</u>	<u>16</u>
Ontwerp	16
Meet mogelijkheden	18
Voorlopige Conclusie	19
<u>5. Aangepast PVE</u>	<u>20</u>
<u>6. Definitieve conceptfase – Interactief prototype</u>	<u>22</u>
Ontwerp	23
Interactie mogelijkheden	23
Conclusie	27
6.1 Experiment en gebruikstest	28
Analyse en evaluatie	30
<i>Deel 2</i>	
<u>7. Eindontwerp BCI integratie RST-HDT – Tool concept</u>	<u>33</u>
Ontwerp – ‘ExpreSs’	34
Ontwerp Evaluatie	38
<u>Intermezzo</u>	<u>39</u>
<u>9. Conclusie</u>	<u>40</u>
<u>10. Aanbevelingen</u>	<u>41</u>
<u>Referenties</u>	<u>42</u>

Appendix

Appendix A – Tools RST	47
Appendix B – BCI technieken	48
Appendix C – BCI Systeem	49
Appendix D – Verschillende consumenten BCI	51
Appendix E – Emotiv Epoc exploratie	52
Appendix F – Idee schetsen BCI toepassing	54
Appendix G – Onderdelenlijst prototype 1	55
Appendix H - Onderdelenlijst prototype 2	56
Appendix I – Programma Vol1	56
Appendix J – Programma Vis1	57
Appendix K – Proces visualisatie	58
Appendix L – Testvoorbereiding en resultaten	59

Begrippenlijst

BCI	Brain-computer-interfacing
BodyCI	Body-computer-interfacing
CAD	Computer-aided design
CDS	Collaborative Design space
CODS	Commercial off the shelf components
DIY	Do-it-yourself
ECG	Elektrocardiogram
ECog	Electrocorticography
EEG	Elektro-encefalografie
EMG	Elektromyografie
EOG	Electrooculography
EPDM	Ethyleen – Propyleen – Dieen Monomeer
GUI	Graphical User Interface
HCI	Human-computer-interactions
HDT	Hybrid design tool
HDTE	Hybrid design tool environment
IXD	Interaction design
LFDS	Loosely Fitted Design Synthesizer
LFP	Local field potential
OSC	Open sound control: <i>protocol voor communicatie tussen onder andere multimedia devices en computers.</i>
PCP	Product creation process
PEP	Product engineering process
RST	Rawshaping Technology
SDK	Software developerskit
SSVEP	Steady state visually evoked potential
SU	single-unit

Samenvatting

Het doel van dit project is te onderzoeken hoe Brain-Computer-Interfaces (BCI) als intelligente sensor, toegepast tijdens het ontwerpen in intuïtieve hybride ontwerpgereedschap omgevingen, ideegeneratie kan stimuleren en/of faciliteren. Vanuit de techniek is het mogelijk de gebruiker te leren kennen en begrijpen op aspecten (affectieve en cognitieve) die tegenwoordig nog relatief losstaan van human-computer-interactions (HCI).

Consumenten BCI-systemen zijn in ontwikkeling maar kunnen op dit moment nog niet op een 'plug-and-play' manier worden toegepast in HCI. Een stapje terug naar lichaamssignalen die een plug-and-play implementatie wel toestaan en intuïtief ingezet kunnen worden, hebben een ontwerpgereedschap opgeleverd waarmee met gezichtsuitdrukkingen systeemacties uitgevoerd kunnen worden. Door ambiguïteit van deze signalen ontstaat een interactie waarin de gebruiker zich bewust wordt van zijn/haar gezichtsuitdrukkingen en soms een duwtje ervaart vanuit het systeem doordat onbedoelde uitdrukkingen ook worden vertaald naar acties.

Summary

The aim of this project is to stimulate and facilitate ideation using Brain-Computer-Interfaces (BCI) as an intelligent sensor during the early-phase of a design process in an intuitive hybrid design tool environment. With further development of BCI technology it is possible to gain insight in and understanding of user-aspects yet to be integrated in human-computer-interactions (HCI), such as affective and cognitive states.

Available consumer BCI systems are rapidly evolving. However they still lack an important aspect of modern day HCI, which is the possibility to be implemented as plug-and-play. Defining body signals that allow this aspect of plug-and-play as well as providing a intuitive way to interact, led to development of a tool which can be used to execute system actions using facial expressions. The presence of ambiguous elements in using facial expressions as executer of system tasks leads to awareness of these expressions as well as creating experience of the system nudging when these expressions occur unintentionally.

Deel 1

*Geschikte implementatie van BCI in een HDT -
Ontwerpomgeving*

1. Introductie

1.1 Rawshaping Technology (RST)

Onderzoek binnen Rawshaping Technology houdt zich bezig met het maken van hybride ontwerp-gereedschappen (HDT) waarbij de analoge en digitale wereld op een fluïde manier samenkomen. Door snelle ontwikkelingen in computertechnologie zijn product creation process (PCP) en product engineering process (PEP) zich steeds meer gaan inbedden in de digitale wereld terwijl veel ontwerpers en engineers het gebruik van fysieke modellen tijdens project planning, PCP en PEP nog steeds waarderen (Wendrich, 2011). Door deze verandering kunnen capaciteiten en vaardigheden, vergaard in de echte wereld, niet altijd worden ingezet in deze gedigitaliseerde processen. Zo geeft het werken met fysieke objecten veel inzicht over materiaaleigenschappen, gevoel voor afmetingen en de mogelijkheid deze objecten op een intuïtieve manier te manipuleren en daar snel op voort te bouwen. Het inzetten van metacognitive vaardigheden wordt vaak niet goed ondersteund in Computer-aided design (CAD) omgevingen. Dit soort programma's hebben een gelimiteerde interactiviteit wat de creativiteit niet ten goede komt (Kosmadoudi, Lim, Ritchie, Liu, Sung, Baalsrud Hauge, Garbaya, Wendrich & Stanescu, 2014). Het doorbreken van deze rationele manier van ontwerpen zou kunnen worden doorbroken door op een holistische en speelse wijze te zoeken naar nieuwe interactiemogelijkheden binnen ontwerpgereedschappen. Hierin zal het vormgevingsproces als plezierig en gemakkelijk worden ervaren evenals de mogelijkheid om tweehandig te kunnen werken waarbij de voordelen van aanwezige computeromgevingen een assisterende rol kunnen spelen (Wendrich, 2010). Op deze manier kan de techniek op een minder dominante positie komen te staan. Door de gebruiker centraal te stellen en de gebruiksinteractie en bruikbaarheid af te stemmen op de gebruiker, kan deze binnen een analoge, digitale en/of hybride werkomgeving naar eigen inzicht en behoefte keuzes maken uit gereedschappen (Fig. 1.1).

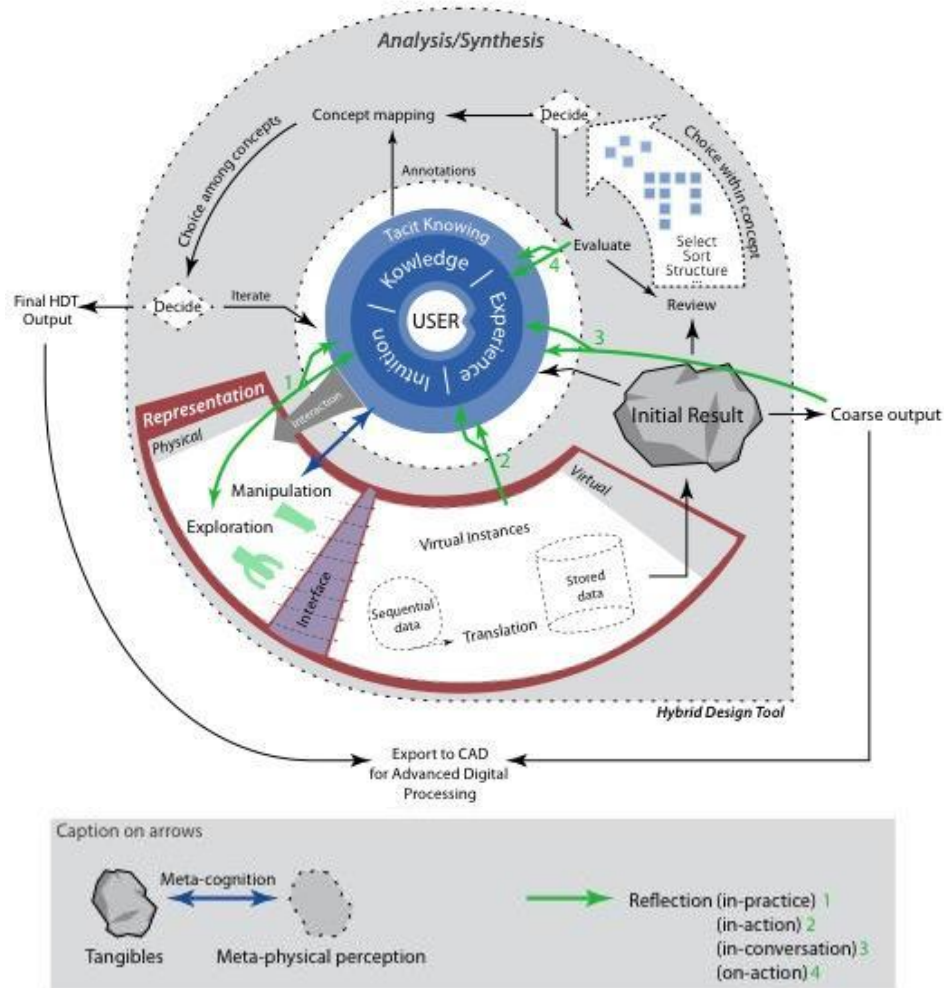


Fig. 1.1 - diagram van een ontwerpproces met een HDT waarin de gebruiker centraal staat. De blauwe pijl staat voor metacognitive interactie tussen fysieke objecten en meta-fysieke perceptie van de gebruiker. De groene lijnen staan voor reflecties die kunnen voorkomen tijdens het proces. Dit kan voorkomen tijdens het fysiek interacteren, vanuit virtuele representaties, ontwerp(en) evaluatie en door communicatie van buitenaf.

Tijdens het onderzoek naar de manier van gebruikersinteractie en bruikbaarheid van ontwerpers met uiteenlopende gereedschappen, zijn een aantal aspecten aan het licht gekomen waaruit het ontwikkelen van hybride ontwerp gereedschappen is ontstaan (Wendrich, Tragter, Kokkeler & van Houten, 2009). In verschillende opstellingen werden ontwerpers gevraagd een iconische auto te reproduceren. Sommigen kregen hiervoor analoge middelen zoals pen en papier terwijl anderen dezelfde taak in een 3d-cad omgeving kregen. Het aantal iteraties zowel als tijdsduur per iteratie bleken beter te zijn als dit een analogo ontwerp gereedschap betrof. Het grote voordeel van het digitaal hebben van een ontwerp, is vooral de mogelijkheid om tussentijds iteraties op te kunnen slaan, virtueel gemakkelijk te kunnen delen en verder kunnen manipuleren in de toekomst. Deze gedachte is verwerkt in de Virtual Design Assistant Workbench, een concept waarin met behulp van camera's een ontwerpproces 3D virtueel kan worden vastgelegd.

In de vorm van een vragenlijst is gekeken welke aspecten van belang zijn voor het succesvol worden van een ontwerp gereedschap waarbij deze verweven kan zijn met de virtuele wereld. Na recent onderzoek van Ruben Kruiper (2015) zijn hier twee aspecten bij gekomen (onderste twee in de lijst). Hieronder is de aangevulde lijst weergegeven.

- De tool geeft meer inzicht en begrip
- De tool is laagdrempelig in het aanleren
- De tool versnelt verwerkingsnelheid in de oplossingsruimte
- De tool omvat zowel visuele als tactiele representatie
- De tool lokt gemakkelijke ideegeneratie en conceptualisering uit
- De tool geeft de mogelijkheid tot simulatie en prototyping
- De tool geeft de mogelijkheid tot intuïtieve ongebonden interactie
- De tool zorgt voor het kunnen uiten of benadrukken van vaardigheden
- *De tool is toepasbaar in een comfortabele omgeving (binnen gestelde context)*
- *De tool (en zijn inhoud) is verplaatsbaar en of draagbaar.*

Vanuit deze set aan vereisten zijn al meerdere tools ontwikkeld binnen RST. Enkele van deze gereedschappen worden beschreven in **Appendix A**, waarbij de meerwaarde hiervan inzicht kan verschaffen in mogelijke denkrichtingen voor het toepassen van BCI.

Conceptvorming

Verschillende aspecten van het samenwerken van de mens met digitale technologieën creëren in de huidige gebruiksinteracties en gebruikaspecten, situaties die als krampachtig en contraproductief kunnen worden beschouwd. Veelal past de gebruiker zich aan bij de techniek, dat wil zeggen dat de gebruiker de gegeven programmeer richting binnen de software volgt. Hierdoor lijkt het dat de gebruiker goed kan werken met de software architectuur en interactie structuur, maar maakt de gebruiker niet optimaal gebruik van zijn of haar metacognitive, fysieke vaardigheden en eigen intuïtieve kwaliteiten. De WIMP (windes, icons, menus and pointers) interfaces met digitale tools zijn een resultante van overerving en efficiëntie. Zo zijn een keyboard, muis en recent touchscreens nog steeds de belangrijkste interactie mogelijkheden om gebruik te maken van digitale middelen. Met de opkomst van onder andere multi-touch, sensoren en BCI ontstaan er nieuwe mogelijkheden om de gebruiker op een meer menselijkere manier te laten interacteren met de virtuele wereld (Wendrich, 2014).

Hybrid design tool environment (HDTE)

De tools ontwikkeld door RST moeten een extensie worden die gebaseerd zijn op intuïtieve en metacognitive vaardigheden van de ontwerper. Het moet niet zozeer taken van andere tools overnemen maar een extra mogelijkheid bieden in het tot wasdom laten komen van ideeën. Hierbij is het ook van belang dat de tool snel in te zetten is door de gebruiker ('plug and play') zodat de beschikbare tijd die een gebruiker heeft aan het doel van het proces besteed kan worden. In **Fig. 1.2** is een voorbeeld te zien van een HDTE waarin de ontwikkelde tool "Loosely Fitted Design Synthesizer" (LFDS) ingezet kan worden tijdens een Ideeontwikkelingsproces of in verdere designprocessing. In **Fig.1.2** zie je voorbeeld van een combinatie van analoge/hybride tools, de hybride design tool environment die de basiswerkplek voor de ontwerper kan worden.

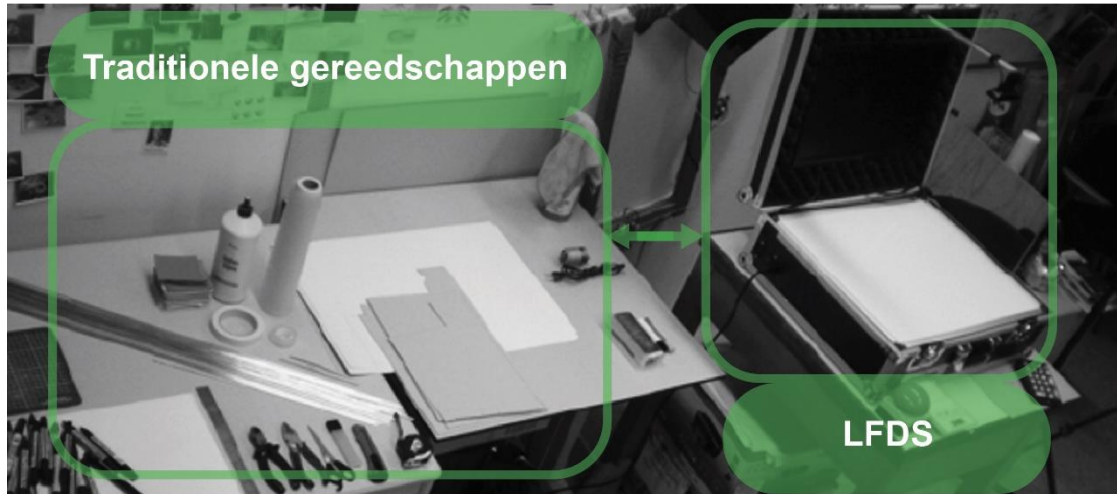


Fig. 1.2 – Voorbeeld van een HDTE links traditionele gereedschappen zoals pen en papier, rechts een hybride ontwerpmachine: LFDS waarmee met behulp van een camera fysiek gemaakte ontwerpen gedigitaliseerd en gecombineerd kunnen worden (Zie Appendix A).

Toegankelijkheid

Toegankelijkheid van tools op gebied van betaalbaarheid is belangrijk. Zo is het een uitdaging om met zo laag mogelijke kosten toch een betekenisvolle toevoeging aan het ontwerpproces te kunnen doen (Low-cost / High value). Het zoveel mogelijk gebruik maken van commercial off the shelf components (CODS) kan voor een snelle integratie met andere digitale systemen zorgen doordat vaak gebruik wordt gemaakt van marktstandaarden. Op deze manier, Low-cost/High-value en gebruik maken van CODS zal zoveel mogelijk toe worden gepast in het ontwikkelen van nieuwe tools.

1.2 Brain-Computer-Interface (BCI)

De brain computer interface (BCI), is een sensorische interactie mogelijkheid tussen de hersenen en een losstaand systeem zoals een computer. In eerste instantie is een dergelijk type interface ontstaan vanuit vraagstukken uit de neuropsychologie waarbij hersenactiviteit in specifieke setting geanalyseerd werd. Deze activiteit moest op een bepaalde manier gevisualiseerd/ vastgelegd worden om zo wetenschappelijke uitspraken te kunnen doen over fenomenen die betrekking hebben op hersenactiviteit. Verschillende technische ontwikkelingen zorgen er voor dat dit type interface niet alleen als analyse tool gebruikt kan worden maar ook ontstaan er mogelijkheden in real-time de systeemkant acties uit te laten voeren die als feedback, of ondersteuning ingezet kunnen worden tijdens uiteenlopende processen.

BCI systeem

Consumenten BCI maken voornamelijk gebruik van Elektro-encefalografie (EEG) als opvang techniek voor hersenactiviteit (Uitgelegd in **Appendix C.2**). Meer BCI technieken staan uitgelegd in **Appendix B**. Een EEG systeem kan als volgt opgebouwd zijn (Hinterberger, 2007): ten eerste moeten signalen opgevangen worden van de gebruiker met behulp van elektrodes (**Appendix C.1**). Dit is een van de meest cruciale punten in het verkrijgen van bruikbare signalen. Na het opvangen van de signalen kunnen deze op verschillende manieren worden verwerkt (**Appendix C.3**). Zo kan er op een analoge manier de grootste ruis uitgefilterd worden waarbij ook het signaal versterkt kan worden. Vervolgens kan het digitaal opgeslagen worden waarna deze data geassocieerd kan worden (bijvoorbeeld herkenning van bepaalde mentale statussen in karakteristieken van het signaal, **Fig.1.4**). Na herkenning van deze karakteristieken kunnen digitaal allerlei processen worden ingezet om de gebruiker uiteindelijk te assisteren, feedback te geven of op andere manieren te interacteren. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is weergegeven in **Fig. 1.3**.

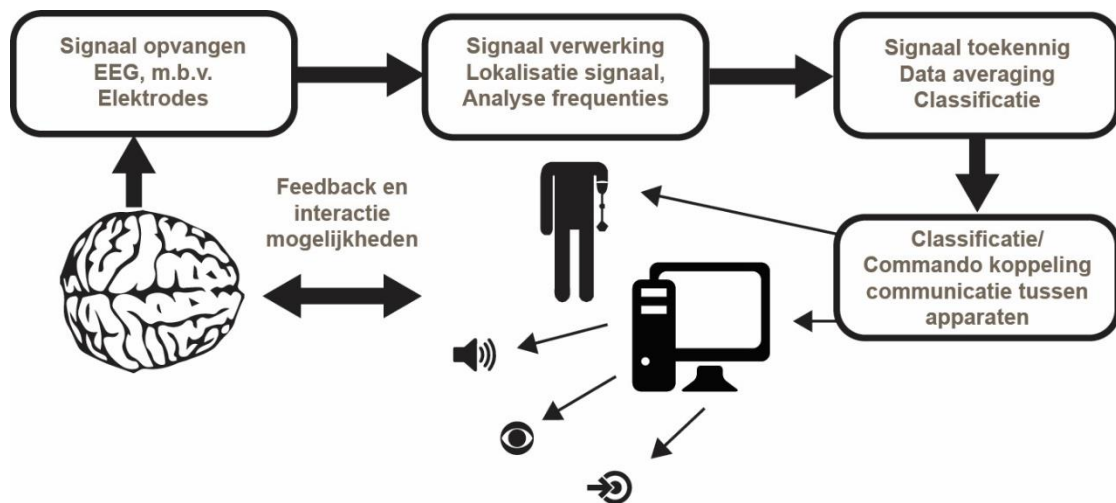


Fig.1.3 – Systeem schema: signaal opvangen van gebruiker, dit kan op invasieve manier (ECog, LFP en SU) of niet invasieve (EEG) (Ortiz-Rosario & Adeli, 2013). Signaal verwerking met behulp van verschillende technieken om signalen beter te kunnen lokaliseren en aanwezige frequenties te kunnen achterhalen (Küber & Müller, 2007). Na de signaal verwerking moet een koppeling gelegd worden doormiddel van het vergelijken van het real-time signaal met eerder geassocieerde signaal patronen. Bij een grote overeenkomst kan een real-time signaal gekoppeld worden aan een zelf te kiezen output (commando's).

Signaal classificatie

Er zijn twee belangrijke benaderingen bij het analyseren/classificeren en verwerken van signalen (Küber & Müller, 2007). Zo kan gekeken worden naar 'biofeedback' waarin een specifieke stimulus een karakteriserend signaal oplevert die in verschillende personen gelijk van aard zullen zijn. Het gebruik maken van deze type responses kan betekenen dat een interactie snel operationeel kan worden. Dan is er ook nog de machine learning benadering waarbij het herhalen van een zelfde taak (mentaal of fysiek) wordt opgenomen, vervolgens worden deze data uitgemiddeld (data averaging) waarna dit overgebleven karakteristiek, gebruikt kan worden om te bepalen of het met een response correspondeert. Het gebruik maken van deze toekenningstechniek zorgt voor een bepaalde voorbereidingstijd in het kunnen herkennen van de gebruiker. Ook zal deze zo geheten kalibratiesessie na verloop van tijd vaker uitgevoerd moeten worden en zijn de uitgemiddelde data veelal persoonsgebonden.

Verschillende type signalen die eenvoudiger geassocieerd kunnen worden, zijn onder andere SSVEP (steady state visually evoked potentials), p300 (event related-potential, bewuste verwerking van dit signaal) (Küber & Müller, 2007) en verschillende frequentiebanden¹ (Fig.1.4) die iets kunnen zeggen over mentale staat. Dit zijn alle voorbeelden van biofeedback. Door Alpha en Theta golven tegen elkaar uit te zetten, kunnen basis emoties worden achterhaald (Rached & Perkusich, 2013)(Fig. 1.5). Hierbij is de classificatie deels gebaseerd op entropie (verwachtingswaarde, aanwezigheid van frequenties) en energie (de amplitude van het signaal). De emoties die op deze manier al gekoppeld kunnen worden met EEG komen uit een bredere studie naar hoe emotionele statussen zich verhouden tot valentie en opwinding (Russell & Feldman Barrett, 1999) (Fig.1.6).

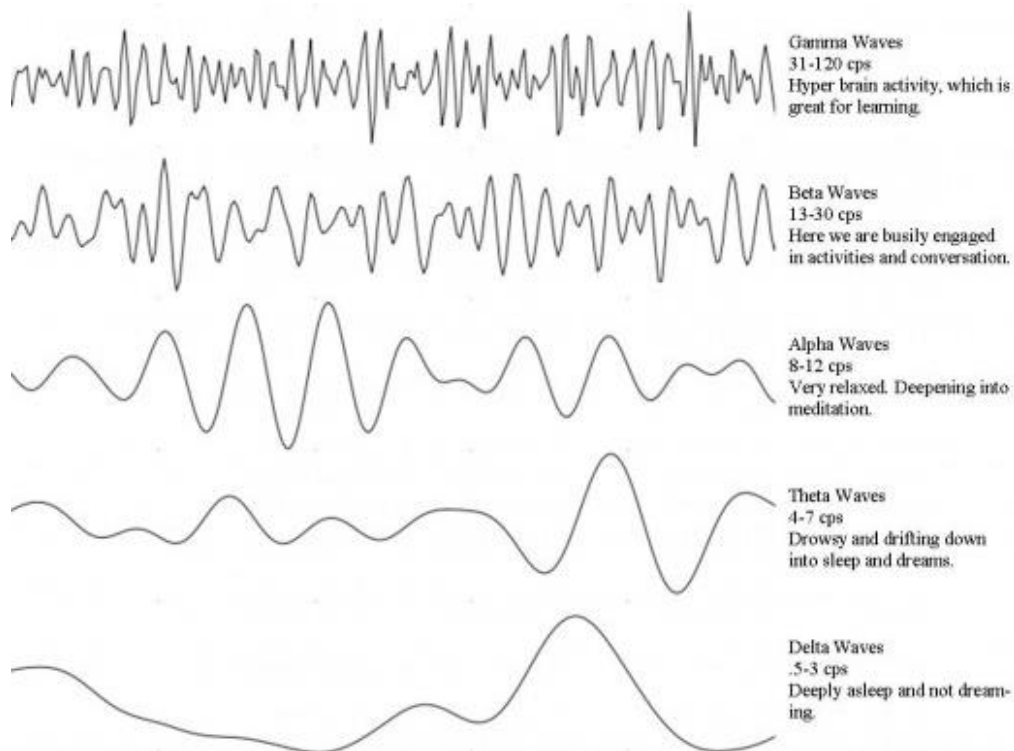


Fig.1.4 –EEG Spectrum met verschillende frequentiebanden. Beta golven (14-30 Hz) zijn gerelateerd aan alertheid, Alpha golven (9-13 Hz) aan lichamelijke en geestelijke ontspanning, Delta golven (<math><4</math>Hz) aan diepe slaap, Theta golven (4-8 Hz) aan dromerigheid en meditatie en Gamma golven (30Hz>) aan verhoogde perceptie.

¹ http://www.lynayre.com/index_files/pdf%20&%20word%20files/Brain%20Waves%20Graph.pdf



Fig.1.5 – Emotionele statussen die te koppelen zijn aan EEG karakteristieken, gemapt op valentie (valence) en opwinding (Arousal).

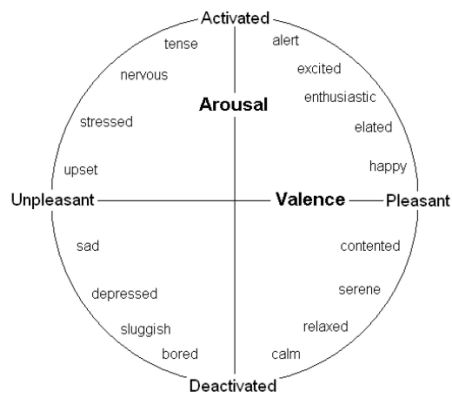


Fig.1.6 – Emotionele statussen geclassificeerd naar valentie en opwinding.

Consumenten systemen

Er is een uiteenlopend assortiment van consumenten BCI-EEG systemen op de markt. Prijzen lopen uiteen van nog geen 100 euro tot over de 700 euro. De eerste modellen zijn in 2007 op de markt verschenen (verschillende consumenten BCI, **Appendix D**). Veel varianten maken maar gebruik van een enkele electrode waardoor het aantal waarnemingen die uitgevoerd kunnen worden met de headset minimaal zijn. Maar niet alleen het aantal elektroden die worden gebruikt maar ook de bijgeleverde verwerkingssoftware waarin de signaal classificatie algoritmes, zorgen voor een beperkt aantal statusherkenningen. Er zijn twee type producten die zich niet alleen richten op de eindgebruiker. Deze producten van Emotiv en OpenBCI kunnen worden ingezet om onderzoek mee te kunnen uitvoeren. De Emotiv Epoc is een headset met 14 meetpunten en levert in bijgeleverde software de mogelijkheid gezichtsuitdrukkingen te kunnen detecteren. Verder lijkt deze headset vooral ingezet te worden tijdens het gamen. Open BCI geeft de mogelijkheid op hardware niveau aangepast te kunnen worden. Dit is een kaal processorboard waar zelf elektrodes aan gekoppeld moeten worden (**Appendix D**, fig. D.4.). Deze module is geheel op eigen wijze in te zetten. Dit betekent dat de elektrodes zelf gekozen kunnen worden waarbij deze niet gebonden zijn aan gestandaardiseerde plaatsing. Dit betekent dat zelf een invulling gegeven moet worden aan de manier waarop dit product gedragen wordt. In de community achter dit product deelt men mogelijke toepassingen (interactiemogelijkheden) van onder andere EEG en Elektromyografie (EMG) met behulp van deze module. Dit kan ook gaan over de signaal classificatie.

Bij veel verschillende producten liggen de focuspunten op het kunnen detecteren van de status van de gebruiker. Zo is het kunnen waarnemen van focus van een gebruiker een belangrijk aspect waarna deze waarneming de gebruiker feedback kan geven om weer in focus te komen. Bewuste besturing wordt ook gepromoot maar lijkt het af te leggen tegen de potenties van het onbewuste monitoren.

De grootste voordelen en potenties liggen in de mogelijkheden voor de gebruikers zelf om applicaties en classificatie algoritmes te ontwikkelen. Verschillende headsets hebben een enkel meetpunt waarbij het prijsverschil voornamelijk blijkt te ontstaan door de verdere verwerkingsstappen en hierbij meer te detecteren statussen. Bij veel producten is een software developerskit (SDK) bijgeleverd waardoor er voornamelijk mogelijkheden ontstaan om op de al ontwikkelde classificaties toepassingen te gaan ontwikkelen. Nadelen van verschillende producten zijn onder andere dat de prijzen in verhouding tot de functionaliteit nog erg hoog zijn. Verder is het niet bij alle producten zo dat onbewerkte data toegankelijk is om eigen classificaties te kunnen maken.

Do-It-Yourself (DIY)

Op het gebied van totale openheid zijn verschillende projecten gaande waarin Do-It-Yourself (DIY) benadering centraal staat. Zo houdt OpenEEG² zich bezig met het creëren van EEG systemen op verschillende gebieden maar voornamelijk de hardware kant. Dit is ontstaan vanuit dezelfde conclusie; de huidige producten zijn nog te duur om als hobby tool ingezet te worden. Op dit platform werken mensen van verschillende expertise samen om EEG op eenvoudige manier toegankelijk te maken voor een groter publiek.

Ontwikkelingen

Door de groeiende inzichten in betekenis van verschillende signalen is het mogelijk veel verschillende mentale processen te kunnen koppelen aan gewenste systeem outputs. In verschillende lagen, zowel technisch als verwerking van signalen is een grote verandering gaande. Door de ontwikkeling van 'dry cap' en actieve elektrodes (**Appendix C.1**) lijkt de gebruiksvriendelijkheid toe te nemen. Ook de verschillende initiatieven om de hardware en software naar een open source platform te brengen kunnen de integratie in het dagelijks leven in een stroomversnelling komen. Dit lijkt het kantelpunt vanuit waar de EEG techniek zich losmaakt van de enkel wetenschappelijke toepassing en ook in handen van hobbyisten en ontwikkelaars kan vallen.

² <http://openeeg.sourceforge.net/doc/>

1.3 BCI integratie in RST-HDT

Verskillende aspecten zullen een belangrijke basis vormen voor de keuze van implementatie van BCI voor RST. Zo zijn uiteenlopende onderdelen zoals de gebruiker, de interactie en de omgeving voor het grootste gedeelte bepaald door het RST gedachtegoed. Hier wordt aan de hand van 'Ideation', 'Nudges' & Cues in relatie tot 'Ideation' gekeken welke rol BCI hierin kan vervullen voor RST.

Ideation

De gebruiker is de ontwerper die zich bevindt in de hybride ontwerpomgeving. Een applicatie kan er voor zorgen dat de gebruiker tot op een zeker niveau op een effectieve, emotionele en empathische manier verbonden kan worden met de virtuele wereld. Door blij te geven van het herkennen van bepaalde persoonsgebonden statussen (1.2, Fig.1.4 & Fig.1.5) kan de gebruiker het gevoel krijgen dat hij/zij begrepen wordt.

Onder de term 'ideation' (ideegeneratie) verstaat men het manifest maken van ideeën, gedachten, en verbeeldingen in de vorm van visuele belichaming. Deze belichaming is een middel om de ideeën te kunnen evalueren en een begin van een nieuw idee te kunnen vormen. Er is geconstateerd dat er een kloof (Fig. 1.7) zit tussen het vrij uiten van ideeën en de interactie met een CAD systeem (Kosmadoudi et al., 2014). Er zijn ook vaak begrenzingen tijdens dit proces door bijvoorbeeld een opdracht omschrijving, manier van werken of tijdsdruk.

Het is van belang in het begin van een ontwerpfase divergent te werken (Fig. 1.8) en niet te veel op voorhand te reflecteren op elke gedane uiting (ideas of fuzzy notions, droombeelden). Verbeelding/ fantasie speelt een belangrijke factor binnen ideation. Door veel te itereren wordt de kans groter dat ideation succesvolle ideeën oplevert. Vaak wordt gebrek aan succes van manifestaties, verweten aan het gebrek aan creatief vermogen, terwijl het probleem zich eerder schuilhoudt in het bedenken van genoeg alternatieve oplossingen. Er zijn veel misvattingen over de kunst van verbeelding en hierbij creativiteit (uiting van deze verbeelding). Zo is verbeelding volgens Osborn (1979) zo universeel als het geheugen, het kan getraind worden en iedereen beschikt hier in meer of mindere mate over. Omstandigheden zorgen voor de meeste impact op de verbeelding. Zo zijn noodzaak, aanmoediging, omgeving en oefening grondleggers van een rijke creativiteit. Het positief benaderen en stimuleren van het uiten van deze ideeën, gedachten en/of vage beelden kunnen er voor zorgen dat deze gebruiker uiteindelijk een bredere ideation doorloopt (nudge met divergente werking, Fig. 1.8). Dit moet er voor zorgen dat de ontwerpers het fijn vinden op deze manier te werken doordat onverwachte gebeurtenissen de creativiteit, manifestatie variatie en het kunnen toepassen van vaardigheden wordt vergroot. Dit is het terrein waar BCI ingezet kan worden als HDT voor RST.

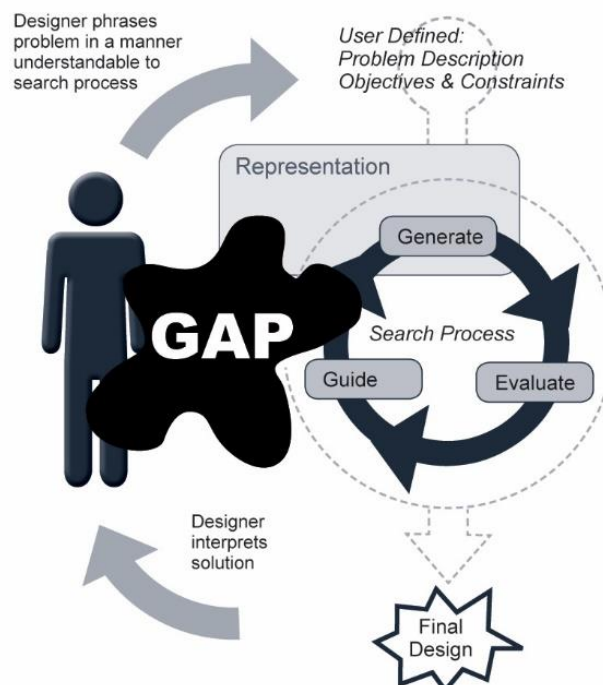


Fig. 1.7 – Proces van idee tot belichaming waarin een kloof tussen de gebruiker en middelen (CAD programma's) om ideeën te kunnen representeren zit.

Nudges (duwtje / de aandacht trekken)

Een nudge tijdens het ideeontwikkelingsproces/ideegeneratie moet sturingen activeren waarbij het systeem (BCI), dat gebruik maakt van in/output, de gebruiker op een ander pad kan brengen of mogelijke suggesties geeft. De vraag is of een BCI systeem voor deze sturing/manipulatie kan zorgen. Als voorbeeld: het systeem herkent dat je vast zit tijdens een creatief proces. Een nudge zou in dit geval kunnen betekenen een andere output te generen waardoor de gebruiker zo begeleid wordt in het doorlopen van een bredere exploratie (Fig. 1.8). Dit zou subtiel kunnen waardoor de gebruiker dit niet zal ervaren als een overname van de machine binnen het proces maar een fluïde samenwerking waarbij de machine ook beïnvloedbaar gedrag kan vertonen.

Cues

Een 'cue' zal binnen deze context een stukje van een nudge zijn. Zo is een 'cue' eerder een suggestie waarbij de gebruiker een prikkel (voorbeeld, analogie) kan ontvangen. Wat de gebruiker hiermee doet is volledig aan hem/haar. Zo houdt deze gebruiker volledig eigen zeggenschap over de ontwikkeling in een creatief proces of ideegeneratie. In dit geval speelt een 'cue' een faciliterende rol tijdens het proces.

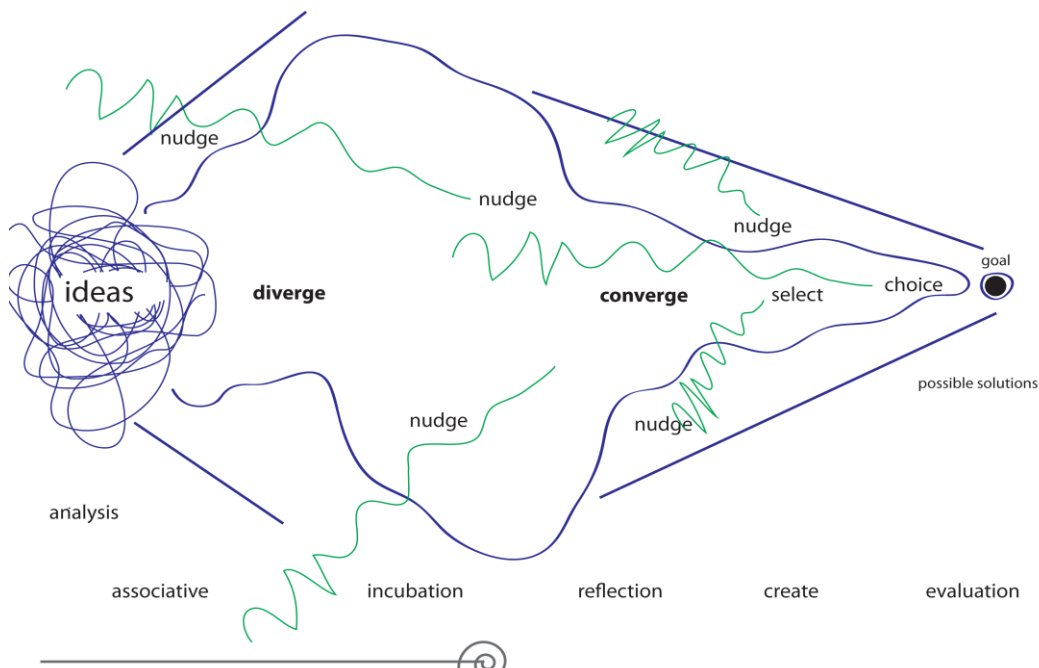


Fig. 1.8 – Proces van idee tot uiteindelijke doel, waarin een nudge kan gaan sturen op divergentie tijdens in de eerste fase van dit proces (associatieve fase en incubatie van ideeën).

Nudges & Cues applicatie mogelijkheden

Voor het creëren van 'cues' en 'nudges' zijn er verschillende applicatie mogelijkheden. Ten eerste kan de gebruiker getriggerd worden door variërende zintuiglijke prikkelingen (sensorial input). Een grove opdeling kan gedaan worden in visueel, auditief en tactiele prikkeling. Dit type sensorial inputs kunnen zowel feedback geven als onbewuste manipulaties veroorzaken. Bij feedback kan gedacht worden aan een kortstondige verandering in de sensorial input waarbij de gebruiker inzicht verschaft over zijn eigen status. Onbewuste manipulaties kunnen op deze manier langzaam variërend zijn met de intentie de gebruiker naar een bepaalde status te brengen zonder dat deze hier zichzelf van bewust is.

Onbewuste manipulaties

Mensen worden op verschillende manieren door omgevings-stimuli beïnvloed. Zo kunnen deze omgevings-stimuli (geluid, muziek) van invloed zijn op status en werkprestatie (Lesiuk, 2005). Ook is bekend dat kleur op verschillende manieren mensen beïnvloedt. Elliot & Maier (2007) zijn van mening dat het effect van sommige kleuren veroorzaakt wordt door onze biologische aard en niet door verschil tussen culturen. Het is echter ook aannemelijk dat cultureel gebonden associaties gemaakt worden met kleur. Door gebruik te maken van dit fenomeen kan met behulp van sfeerverlichting (varieert in kleur) de gebruiker worden beïnvloed.

Auditief kunnen mensen worden beïnvloed door verschillende aspecten. Een aspect dat auditieve continue signalen met zich mee brengt, is het bevatten van ritme. Ritme kan op verschillende manieren een gebruiker beïnvloeden. Zo wordt dit fenomeen toegepast bij verschillende games waarin ritme en volume op dynamische wijze de gebruiker inzicht geven in het karakter dat hun representeert of staat voor vordering in het spel (Young, 2012). Dit zou tijdens PCP en PEP als gamification middel kunnen worden ingezet waarbij de gebruiker, ontwerp opdrachten als spelend/onderzoekend kunnen ervaren en waarin toegewerkt wordt naar een doel (Experiment en gebruikstest, Hoofdstuk 6.1).

Tactiele stimuli die inspelen op de gebruiker kunnen variatie in temperatuur en stijfheid zijn van fysieke objecten. Zo zou na het detecteren van verveling (borderdom) een stoel kunnen vervormen om de gebruiker te pushen een actievere houding aan te nemen.

Feedback

Visuele feedback kan de vorm aannemen van statusweergave. Door een continue feedback te geven (test Emotiv, **hoofdstuk 2**) kan de gebruiker zelf en mogelijke andere personen bewust worden van deze status. Hierbij kan de gebruiker zichzelf proberen te veranderen of integratie in vormgeving veroorzaken. De feedback kan ook kortstondig zijn waarbij de gebruiker alert gemaakt wordt.

Auditief kunnen moment opnames gerepresenteerd worden van verschillende statussen. Hierbij kan een positief signaal worden afgegeven als de gebruiker de juiste betrokkenheid (engagement) of opwinding (excitement) heeft als een beloningssysteem of kan de gebruiker motiverende input krijgen als dit niet het geval is zodat toegewerkt wordt naar een gewenste status.

Tactiele feedback is mogelijk door m.b.v. actuatoren die vibraties leveren en kunnen op een vergelijkbare manier als visuele of auditieve feedbackmogelijkheden ingezet worden.

BCI in RST – HDT

BCI staat fysiek dicht bij de gebruiker en geeft hierdoor de mogelijkheid in te spelen op processen die door andere tools moeilijk achterhaald kunnen worden door extra vertalingen die ontstaan of omdat de gebruiker deze processen niet inzet. In **Fig. 1.9** is te zien hoe BCI binnen een HDT geplaatst kan worden. In de volgende fase zal met behulp van een consumenten BCI systeem (Emotiv epoc) onderzocht worden of intuïtie en ervaringen op succesvolle wijze vertaald en ingezet kunnen worden binnen een PCP en PEP.

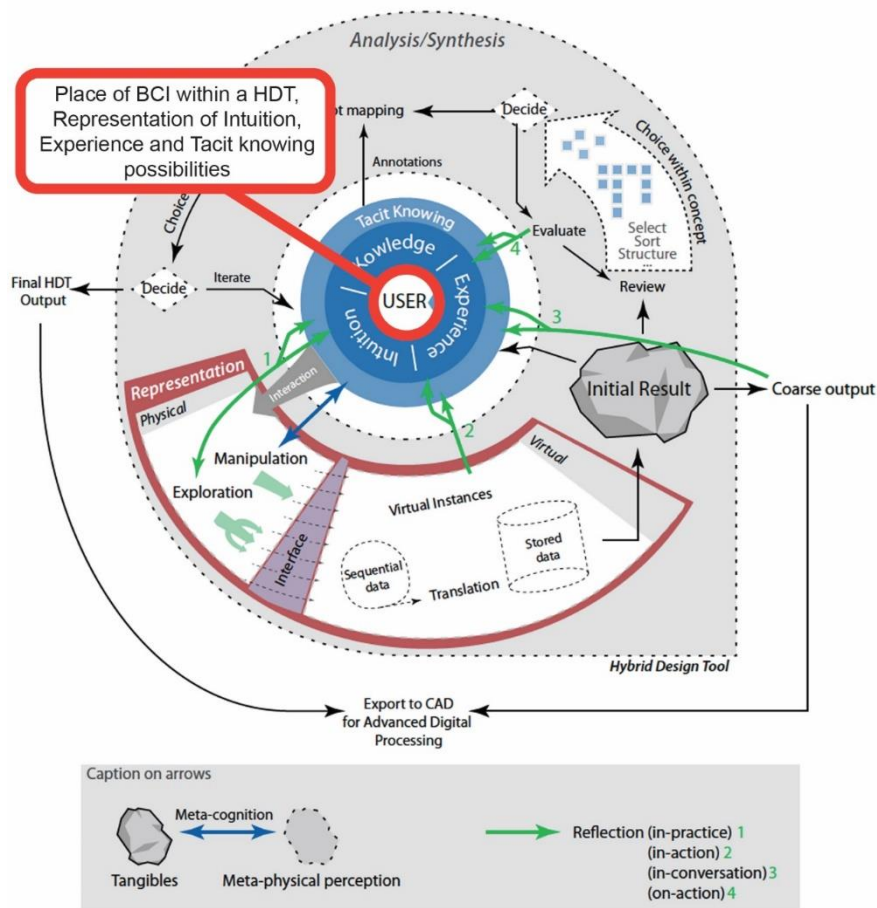


Fig. 1.9 – Plaatsing van BCI in een RST-HDT waarin de mogelijkheid ontstaat processen met betrekking tot kennis, intuïtie en ervaring vanuit de gebruiker op te vangen. Deze gebruiker wordt hierdoor niet beperkt in zijn handelen met andere onderdelen binnen deze HDT zoals fysieke of virtuele interacties.

2. Ideefase

Gebruikerstesten

*Tijdens de verschillende testen is kennis gemaakt met kalibratiesessies, de toepassingsmogelijkheden die hierdoor ontstaan en visualisatie van verschillende statussen. Het voorbereiden van de gebruiker kostte ongeveer 5 minuten. In deze tijd zat inbegrepen het bevochtigen van de elektrodes (kussentjes) en het juist plaatsen van de headset. Doordat de headset niet af te stellen is kan deze voorbereidingstijd per gebruiker variëren en de uiteindelijke signaal kwaliteit ook (volledige gebruikerstest **Appendix E**).*

Actieve besturing – Inspelen op intuïtie in PEP

Het doel van deze test is om te kijken hoe intuïtie op het gebied van navigeren (in dit geval navigeren in Solidworks (3D-CAD omgeving)) vertaald wordt en of dit toegevoegde waarde heeft tijdens een PEP.

Het uitvoeren van een kalibratiesessie neemt ongeveer 10 minuten in beslag. Hierbij wordt eerst een neutrale gedachte als baseline opgenomen. Na deze baseline opname moet herhaaldelijk een opname gemaakt worden van een mentale status (in dit geval was dat een duwtje geven, uitzoomen). In het control panel wordt deze activiteit gevisualiseerd als blokje dat bij verhoogde mate van activiteit (denken aan uitzoomen) naar de achtergrond verdwijnt. Deze zelfde status 'push' is doormiddel van **emokeys (Appendix E)** als uit-zoem commando in Solidworks toegevoegd (**Fig.2.1 & Fig.2.2**). De toevoeging van het actief kunnen besturen van objecten is in praktijk nog niet intuïtief en effectief. Een hoge mate van focus is nodig tijdens het uitoefenen van de mentale taak. Ook kost het nog veel tijd om met behulp van de kalibratiesessie een specifieke mentale status te kunnen achterhalen en goed te kunnen herkennen. Hierbij zorgt deze manier van toepassen van BCI eerder als afleiding van het PEP.



Fig.2.1 – Concentreren op gedachte uitzoomen



Fig.2.2 – Registratie gedachte en uitvoering uitzoomen

Shaping met statussen – Inspelen op experience (beleving) in PCP

Het doel van deze test is te zoeken naar een mogelijke vertaling van mentale staat naar vormgeving en feedback mogelijkheden.

Verschillende statussen kunnen automatisch worden herkend (geen kalibratie sessie nodig). Een volgende test is gedaan om te kijken hoe deze statussen gemakkelijk gevisualiseerd kunnen worden. Door gebruik te maken van het programma *Mind your OSCs* (beschikbaar via Emotiv³) zijn de statussen geïmporteerd in processing⁴ (Java gebaseerde programmeer omgeving) en als groeiende cirkels correlerend met de grote van de 5 verschillende statussen te zien in (Fig.2.3 en Fig.2.4)⁵. Deze vertaalslag tussen status en vormgeving is basaal en biedt verdere mogelijkheden om met behulp van uitgebreidere algoritmes verschillende parameters van zo ook 3D (virtuele) objecten te laten vervormen. Ook zou deze vertaling uiting kunnen krijgen in het feedback geven over status. Zo zou dynamisch kunnen worden ingespeeld op statussen, zoals in eerder genoemde onbewuste manipulatie (1.3, Nudges & Cues applicatie mogelijkheden).



Fig.2.3– Cirkel grote na niveau (0 tot 1) status. van links naar rechts: Engagement, Excitement, Long term excitement, Meditation & Frustration.



Fig.2.4 – Groei van status Frustration, vermindering van andere statussen

```
// plug the OSC messages for the Affectiv values
oscP5.plug(this,"updateEngBor","/AFF/Engaged/Bored");
oscP5.plug(this,"updateExc","/AFF/Excitement");
oscP5.plug(this,"updateExcLon","/AFF/Excitement Long Term");
oscP5.plug(this,"updateMed","/AFF/Meditation");
oscP5.plug(this,"updateFru","/AFF/Frustration");
```

Fig.2.5 – statussen als OSC signalen

Tussentijdse bevindingen

Tijdens de verschillende testen is geconcludeerd dat het van belang is om met grote zorgvuldigheid te werk te gaan in de voorbereiding op het inzetten van de interface. De mogelijkheden om data op eigen manier in te kunnen zetten is omslachtig tenzij verschillende producten van Emotiv zelf worden aangeschaft (beschikbare programma's Emotiv Epoc, **Appendix E**). De prijs van dit product is hoog (**Appendix D**). Door beschikbaarheid over een licentie van de Emotiv Education Edition SDK v2.0.0.20 werd de vrijheid enigszins verbeterd voor het op eigen manier in kunnen zetten van het product. Het gaf echter nog niet de gewenste resultaten.

Tijdens de metingen van een andere testpersoon kwam er een belangrijke fout in de constructie naar voren. Het feit dat deze headset alleen voor een specifieke hoofdgrote geschikt is, is een zeer groot minpunt. Zelfs met lange kalibratiesessies bleken mentale statussen nog niet goed achterhaald te kunnen worden. Ook is het elke keer voor gebruik bevochtigen van de elektrodes geen wenselijke situatie en heeft de interface geen hoog plug-and-play gehalte. Het door ontwikkelen van verdere toepassing met dit product voor RST valt hierdoor af.

³ https://emotiv.com/store/product_85.html

⁴ <https://processing.org/>

⁵ <http://hyperritual.com/blog/affectcircles/>

Low-cost/open source EEG

De mogelijkheden om low-cost gericht en opensource EEG te detecteren, staan in een begin stadium van ontwikkeling. Zo is het eerder genoemde platform OpenEEG een basis waar verschillende bouwplannen gepresenteerd worden voor zowel het versterkings-systeem als het zelf kunnen produceren van actieve elektrodes. Het basis ontwerp is vormgegeven in een geïsoleerde kast die extern van het lichaam geplaatst wordt. Verder zijn er enkele individuen die zelf systemen hebben ontworpen. De grootste verschillen met het OpenEEG ontwerp is de complexiteit van het technische ontwerp en de implementatiemogelijkheden. Zo presenteren de individuen op hun eigen manier mogelijke verwerkingstechnieken, interactiemogelijkheid (**Fig.2.6**) en doorontwikkelingen voor het systeem met behulp van een Arduino en Processing (opensource hardware/software). Het constructieplan afkomstig van de site Instructables⁶ wordt als uitgangspunt gebruikt voor RST toepassing. In dit systeem zit een mogelijkheid analoge signalen eenvoudig verder uit te kunnen versterken wat van pas kan komen tijdens het gebruik op verschillende gebruikers en signaal typen (bijv. EEG of EMG).

Technische achtergrond

In het te gebruiken bouwplan wordt een enkel signaal gedetecteerd. Door twee meetpunten kunnen potensiaalverschillen worden opgevangen. Deze twee signalen komen binnen in een instrumentational amplifier. Dit type versterker geeft de mogelijkheid voor grote versterkingen en heeft een ingebouwde filtering voor ruis (High common mode rejecton ratio⁷). Het spanningsverschil tussen deze twee signalen wordt vervolgens versterkt waarna de overeenkomst in deze signalen (common mode) wordt uitgefilterd. Deze amplifier wordt dubbel gevoed (een positieve spanningsbron en negatieve) voor het accurater uit versterken van de signalen (betere representatie van activiteit). Na het versterken worden enkele analoge filters toegepast. Onder andere een highpass filter van 7Hz (frequenties die kunnen ontstaan bij verandering in huidgeleiding) en een Lowpass filter van 31Hz. Hierdoor blijft uiteindelijk het frequentiespectrum van Alpha en Beta golven over. Alpha golven geven ontspanning (relaxation) weer en Beta golven zeggen iets over de alertheid van de gebruiker.

Ook worden twee 60Hz notch filters gebruikt, deze ruis (60Hz) ontstaat vanuit omgevingsstralingen veroorzaakt door het lichtnet. Na de verwerking wordt via een audio kabel het analoge signaal ingelezen in de computer (spanningen hoger dan 1v worden afgekapt door de geluidskaart). Het is van belang dat de gebruiker geaard is voor het goed kunnen meten van signalen. Er zullen dus drie contactpunten zijn tussen het circuit en de gebruiker. Twee meetpunten en één punt om te aarden. Het analoge signaal dat binnenkomt in de computer kan worden opgenomen met verschillende programma's, origineel bedoeld om dit signaal te behandelen als audio signaal. Hierbij kan gebruikt gemaakt worden van het programma Goldwave⁸ waarbij frequentie analyses en digitale filters toegevoegd kunnen worden. In het programma Processing kunnen vergelijkbare handelingen uitgevoerd worden waarbij verwerkte data direct vertaald kunnen worden naar het systeem outputs in de form van Visuals, audio, hardware (Arduino) of overnames van commando's (muis en toetsenbord). Een applicatie geschreven voor deze opstelling (**Fig.2.6**) biedt de mogelijkheid om de gebruiker pong te laten spelen door relaxed te zijn (bijvoorbeeld ogen dicht) of zich te concentreren. Dit verschil kan gemakkelijk worden terug gezien in de aanwezigheid van alpha en beta golven.



Fig.2.6 – EEG Pong, links veel alpha golven: paddel laag, rechts veel Beta golven: paddel hoog

Ontwerp specificaties

De kwaliteit van de opstelling is van enkele factoren afhankelijk. Zo is het belangrijk dat het geheel zo goed mogelijk wordt geïsoleerd tegen omgevingsstraling. Hierbij kan omgevingsstraling in het systeem lekken door open contactpunten tussen verschillende componenten. De belangrijkste kwaliteits-bepaling komt voort uit het gebruik van elektrodes. Van belang is dat er goed contact wordt gemaakt met de huid. Kwalitatief hoogstaande elektrodes zijn nog moeilijk verkrijgbaar voor gewone consumenten. Ze worden voornamelijk verkocht met als bedoeling toegepast te gaan worden in een onderzoek setting. Doordat alleen een enkel signaal wordt opgevangen, biedt dit plan niet de mogelijk veel functionaliteiten te monitoren. Door meer van deze systemen aan elkaar te koppelen zou dit kunnen worden verholpen.

⁶ <http://www.instructables.com/id/DIY-EEG-and-ECG-Circuit/?ALLSTEPS>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=VSf31DaXWUE>

⁸ <http://www.goldwave.com/release.php>

Het ontwikkelen van de juiste embodiment moet er voor zorgen dat de Low-cost/open source oplossing uiteindelijk toegepast kan worden in de te wensen gebruikersinteractie. Hierbij wordt voornamelijk rekening gehouden met de draagbaarheid en het zo compact mogelijk integreren van de verschillende onderdelen die benodigd zijn voor het kunnen toepassen van EEG metingen. Enkele hoofdaspecten die belangrijk zijn om het gemak te verhogen zijn: het gemakkelijk koppelen en ontkoppelen van het product en centraal systeem (computer), het gemakkelijk aan en uit kunnen zetten en dat het op verschillende personen kan worden toegepast (gebruik maken van een elastische band). In **Fig.2.7** is een eerste schets voor ontwikkeling van een prototype gevisualiseerd. Een visualisatie van meerdere ideeschetsen (M.b.t toepassingsmogelijkheden) is terug te vinden in **Appendix F**.

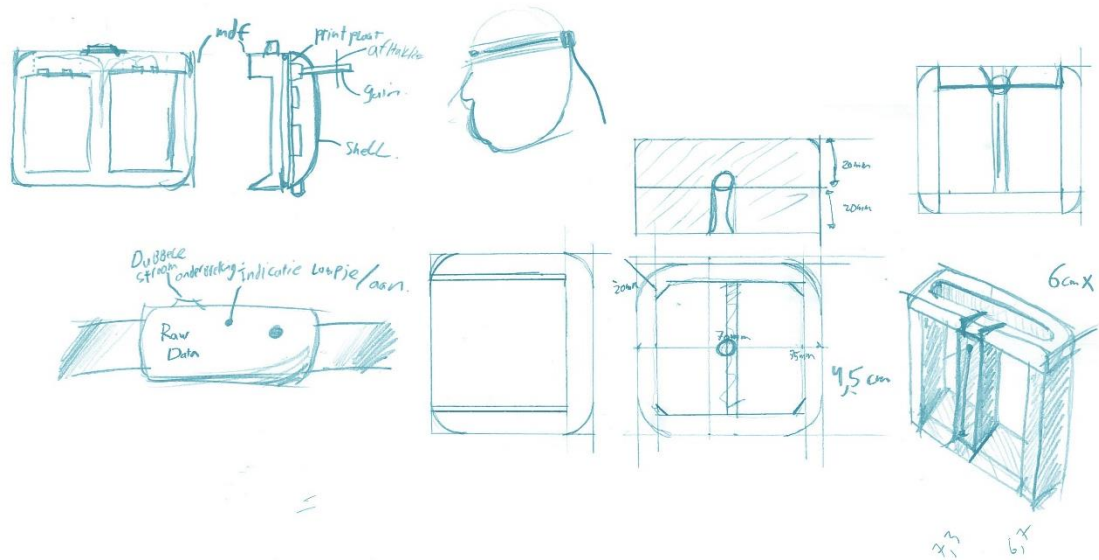


Fig.2.7 – Schets van embodiment voor een low-cost/open source Eeg concept.

3. PVE

Na de verschillende analyses zijn er meerdere sterke en zwakke punten aan het licht gekomen met betrekking tot gebruik van BCI. Zwakke punten uiteten zich vooral op het gebied van de toepassing van de techniek en de prijs. Door het gebrek aan openheid en lange voorbereidingstijd lijkt een praktische toepassing van BCI (in dit geval Emotiv ePoc) in een plug-and-play hybrid design tool environment nog niet realistisch.

Eisen die gesteld zullen worden aan de te ontwikkelen tool (low-cost/open source EEG) worden in drie categorieën geplaatst. Hierbij staat de gebruiker centraal. Vervolgens zijn er eisen die betrekking hebben op de techniek (functie – gedrag-structuur). Categorie drie bestaat uit eisen die ontstaan wanneer gebruiker en techniek samen moeten werken (mens machine interactie). Er wordt afgesloten met wenselijke toevoegingen.

Gebruiker (Centraal)

Fun factor

De interactie moet aangenaam zijn en mensen enthousiast maken. Hierbij moet de gebruiker het idee hebben dat hij/zij de controle in het proces behoudt of uitgedaagd wordt het proces te controleren.

Ideation stimulatie

Dit kan behaald worden door gaming elementen toe te voegen aan interacties, het manipuleren van flow of extra intentionele interactiemogelijkheden te vergroten.

Comfort

Het dragen van de tool moet niet lijden tot verlies van bewegingsvrijheden, knellingen of ervaren worden als onprettig (te zwaar, belemmering voor het uitvoeren van andere acties).

Plug-and-play

De gebruiker moet de tool kunnen inzetten met zo min mogelijk handelingen en zo min mogelijk tijd kwijt zijn voor het operationeel krijgen van deze tool (binnen 1 minuut).

Variabel inzetbaar

De gebruiker moet de mogelijkheid hebben verschillende type signalen in te kunnen zetten in de zelf te bepalen interactie.

BCI Integratie RST-HDT (functie gedrag structuur)

Embodiment

Variabel inzetbaar

De mogelijkheid om EMG en EEG signalen te kunnen detecteren zorgt ervoor dat de plaatsing van de tool aangepast moet kunnen worden.

Artefact exclusie

Zorgen voor een goede signaal isolatie (buiten houden van omgevingsartefacten).

Intercommunicatie

Communicatie met RST Tools

Geïntegreerd kunnen worden met andere tools ontwikkeld binnen RST. Dit betekent dat er gekeken moet worden naar de toegankelijke communicatie protocollen waar de andere tools gebruik van maken.

Gebruik van CODS

Door gebruik te maken van commercial off the shelf components, snellere integratie met andere tools tot stand brengen.

Componenten

Energie voorziening

Mogelijkheid tot het gemakkelijk vervangen en/of opladen van de voeding.

Elektrodes

Vorbereidingstijd voor het operationeel krijgen van de elektrodes moet minder zijn dan 30 seconden. Wenselijk is gebruik te maken van dry cap elektrodes voor het minimaliseren van voorbereidingstijd en geen vloeistof of gel nodig te hebben. Ook zal het gebruik maken van actieve elektrodes wenselijk zijn om ruis te minimaliseren.

Kosten

goedkoop toegevoegde waarde bieden

De mogelijkheid onderzoeken of er op een DIY manier betekenisvolle EEG signalen gedetecteerd kunnen worden.

Mens Machine Interactie

Multi – user geschikt

Aanpasbaar aan anatomische verschillen per unieke gebruiker zodat zo'n groot mogelijk publiek gebruik kan maken van de tool.

Plug-and-play

Het beperken van de voorbereidingstijd (maximaal 1 minuut). Hierbij speelt het type te gebruiken signalen een rol in voorbereidingstijd (type sensoren en manier van bevestigen van de tool op het lichaam).

Snel inzetbaar

Het gebruik maken van zoveel mogelijk signalen die als universeel gezien kunnen worden zodat kalibratiesessie zoveel mogelijk beperkt kunnen worden.

Kalibreren

Gebruikers moeten zelf gemakkelijk de kalibratie uit kunnen voeren.

Wensen

Processing

Toegankelijkheid van data

De mogelijkheid om onbewerkte data op te slaan voor het verder kunnen verwerken en kunnen toepassen van feature extraction.

Onbewuste signalen

Door het inzetten van onbewuste signalen kan de gebruiker geprikkeld worden, inzicht in zichzelf krijgen en verrassingen in interactie verwachten waarbij het verrassingselement stimulant kan zijn voor het vaker toepassen van de interactiemogelijkheid.

4. Conceptfase

Prototype 1

Vanuit de mogelijkheid om met goedkope componenten op een DIY manier EEG op te vangen, is onderzocht of dit te realiseren is door middel het eerder uitgelegde bouwplan. Hierbij is in eerste instantie met behulp van een breadboard gekeken wat de invloeden van de verschillende onderdelen en filters waren en op welke manier EEG signalen opgevangen konden worden (**Appendix K**, procesvisualisatie). Eerst met behulp van bevochtigde watjes, later door het toepassen van elektrodes uit een onbruikbaar geworden Emotiv epoc systeem gekregen van Mannes Poel (HMI)). Na een uitvoerige testfase is een prototype ontwikkeld. Het ontwerp en de meetmogelijkheden zullen hier worden uitgelegd. Voor het visualiseren, opnemen en verwerken van deze activiteiten is het programma Goldwave gebruikt.

Ontwerp

De keuze is gemaakt om de 31Hz lowpass filter niet toe te passen (systeem onderdelen, **Fig. 4.4**). Dit had voornamelijk te maken met de extra ruimte die hiervoor nodig zou zijn geweest in het prototype doordat het circuit dan een extra quad op-amp nodig zou hebben. Deze keuze zorgt eveneens voor kostenbesparing. (Onderdelenlijst **Appendix G**).

Het uitgangspunt was het prototype draagbaar te maken. Hierbij wordt het geheel op het hoofd geplaatst (met behulp van een elastische band, **Fig.4.3**) zodat de afstand tussen de elektrodes en het verwerkingsstelsel geminimaliseerd is. De plaatsing van de output poort is gecentreerd zodat het zo weinig mogelijk hinder geeft tijdens de beweging van het hoofd. Een Potentiometer zorgt voor de mogelijkheid de versterking handmatig aan te kunnen passen. Hierdoor kunnen fluctuaties tussen gebruikers in signaalsterkte worden opgevangen. Verschillende onderdelen zijn terug te zien in **Fig.4.1**. In **Fig.4.2** is te zien hoe elektronische circuit is opgebouwd.

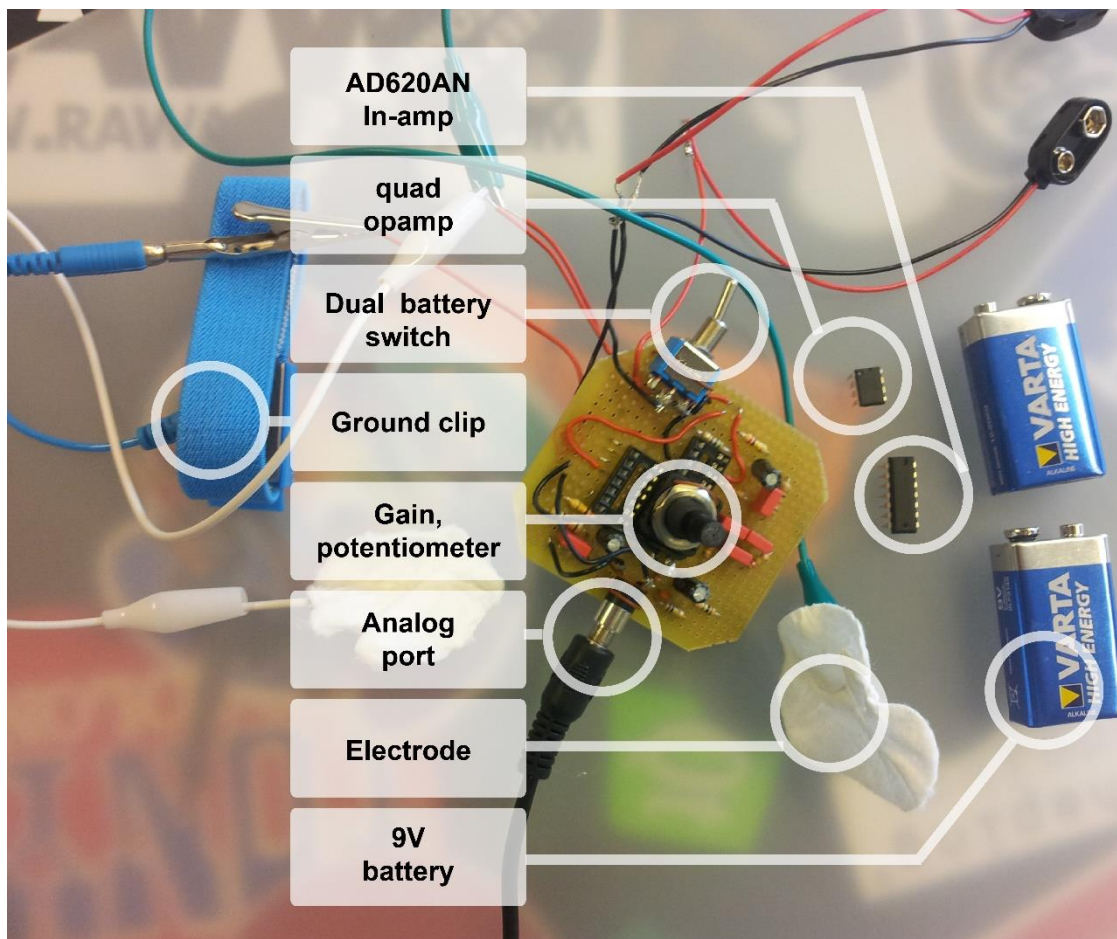


Fig.4.1 – Onderdelen Prototype 1

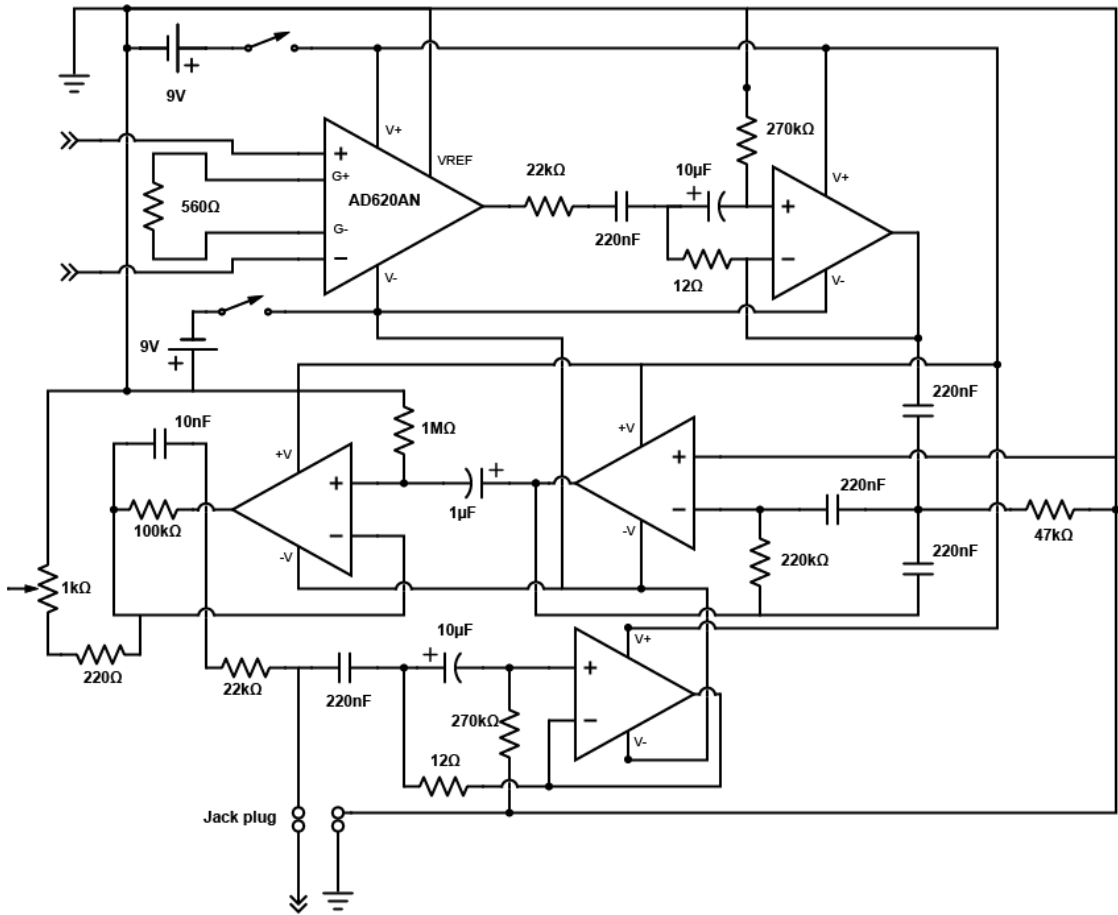


Fig.4.2 – Elektronisch circuit prototype 1



Fig.4.3 – Plaatsing prototype 1 op het achterhoofd

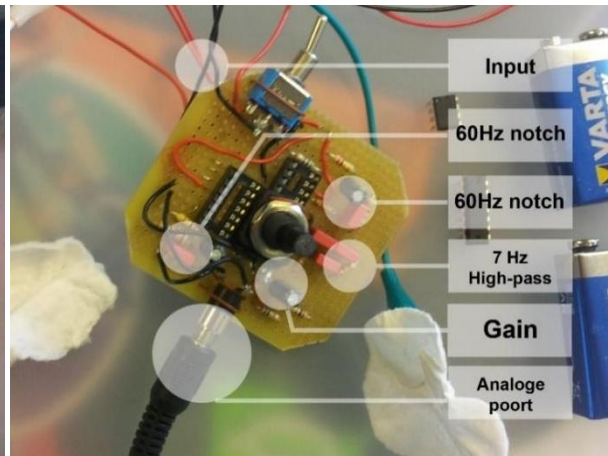


Fig.4.4 – Systeem Onderdelen Prototype 1



Fig.4.5 – Plaatsing onderdelen T.a.v. gebruiker



Fig.4.6 – Prototype 1 met behuizing

Meet mogelijkheden

Hartslag

Tijdens het uitvoeren van verschillende metingen is gebleken dat er onvoldoende bewijs was om vast te kunnen stellen dat met het prototype EEG gemeten kon worden. Andere metingen die wel potentie vertoonden zullen hier kort worden beschreven.

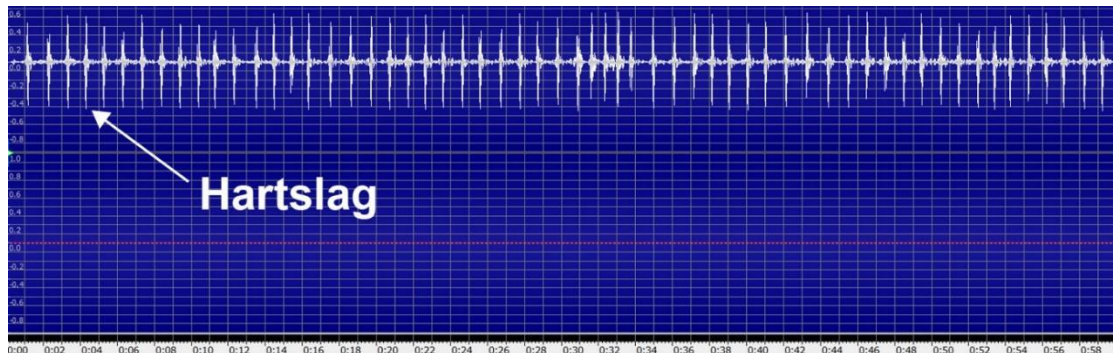


Fig.4.7 – Een hartslag van 59 BPM

Door het plaatsen van twee sensoren met behulp van een elastische band dicht bij het hart kon heel duidelijk een hartslag worden gemeten. De gebruiker had de 'aarde' met behulp van een elastische band om zijn pols.

Gezichtsexpressie

Een wenkbrauwfrons gaf een heel duidelijk signaal tijdens het dragen van het prototype op het hoofd. Hierbij zou deze intensiteit ingezet kunnen worden door te kijken naar lengte van de activiteit (langer hoog signaal) en afwisseling tussen het wel niet fronsen (frequentie van actie). De combinatie van deze 2 verschillende factoren kunnen al een breed scala aan onderscheidende signalen opleveren. In het begin van het signaal is te zien dat 5 keer achter elkaar kort wordt gefronst. Voor het einde is te zien hoe snelle verandering tussen neutraal kijken en fronsen ook weer een eigen karakteriserend signaal vormt. Beide electodes zijn geplaatst boven de ogen (iets distaal).

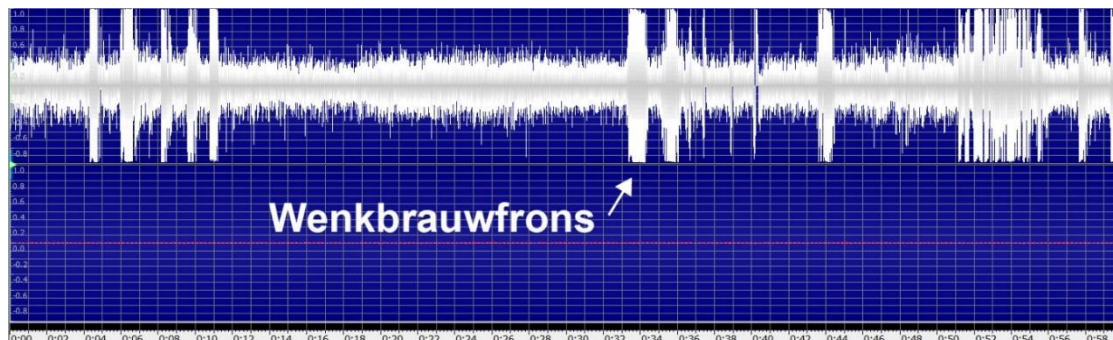


Fig.4.8 – Wenkbrauwfrons terug te zien in verhoogde signaal sterkte

Onderarmspieractiviteit

Bij het meten van verschillende spieractiviteiten van zowel boven als onderarm (meetpunten op de spierbult) kunnen ook duidelijke signalen worden verkregen. Hier is te zien hoe het maken van een vuist (intentionele actie) een onderscheidend signaal veroorzaakt. De problemen bij het meten van activiteiten in de onderarm is het moeilijk kunnen classificeren van de beweging. Dit komt doordat met het extraheren van 1 meting de specifieke betrokken spiergroep niet eenvoudig kan worden achterhaald. Metingen die verricht kunnen worden op de bovenarm leveren met dit prototype minder ambigue signalen op doordat hier activiteit in biceps of triceps wordt gemeten. Zo kunnen acties als bewuste gestures als systeem input worden gebruikt of kan de totale activiteit gedurende het uitvoeren van een taak als monitoring worden ingezet waarbij mogelijke verbanden gelegd kunnen worden tussen onder andere performance en indicatie van ontwerpfase (snelle werken, detaillering).



Fig.4.9 – EMG signaal uit onderarm: knijpen, en polsbewegingen kunnen worden waargenomen



Fig.4.10 – Detectie knijpactie

Voorlopige Conclusie

Ontwerp

Het ontwerp kan op verschillende vlakken worden verbeterd. Het formaat en gewicht maakt het dragen oncomfortabel. Er zou gekeken moeten worden hoe dit naar een gewenst niveau gekregen kan worden. De 9V batterijen hebben de grootste invloed. De manier van opvangen door een fysieke koppeling te leggen tussen het prototype en de computer zal voor het succesvol toepassen ook moeten veranderen. Er moet worden gezocht naar een eenvoudige manier om de data draadloos te kunnen versturen.

Metingen

Het kunnen meten van EEG signalen is met dit ontwerp nog geen realiteit geworden. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de bevestigingskwaliteit van de verschillende componenten en de verdere isolatie van het systeem. Ondanks het niet waarnemen van EEG, kunnen activiteiten zoals Elektrocardiogram (ECG) en EMG goed worden gemeten. Hierop kan voort worden gebouwd in de vorm van facial expressions, spieractiviteit in armen en handen om statussen, performance en intentionele commando's toe te kunnen passen tijdens PCP en PEP in een HDTE.

5. Aangepast PVE

Naar aanleiding van de concept fase zijn er toevoegingen van eisen en wensen ontstaan. Deze toevoegingen worden hier in blauw weer gegeven.

Gebruiker (Centraal)

Fun factor

De interactie moet aangenaam zijn en mensen enthousiast maken. Hierbij moet de gebruiker het idee hebben dat controle in het proces behouden wordt of de gebruiker moet uitgedaagd worden het proces te controleren.

Ideation stimulatie

Dit kan behaald worden door gaming elementen toe te voegen aan interacties, het manipuleren van flow of extra intentionele interactiemogelijkheden te vergroten zonder de gebruiker te beperken.

Comfort

Het dragen van de tool moet niet lijden tot verlies van bewegingsvrijheden, knellingen of ervaren worden als onprettig (te zwaar, belemmering voor het uitvoeren van andere acties).

Plug-and-play

De gebruiker moet de tool kunnen inzetten met zo min mogelijk handelingen en zo min mogelijk tijd kwijt zijn voor het operationeel krijgen van deze tool (binnen 1 minuut).

BCI Integratie RST-HDT (functie gedrag structuur)

Embodiment

Variabel inzetbaar

De mogelijkheid om EMG en EEG signalen te kunnen detecteren zorgt ervoor dat de plaatsing van de tool aangepast moet kunnen worden.

Artefact exclusie

Zorgen voor een goede signaal isolatie(buiten houden van omgevingsartefacten).

Intercommunicatie

Opensource applicatie koppeling

signalen (in welke vorm dan ook) zelf kunnen verwerken en doorsturen naar gewenste applicaties.

Communicatie met RST Tools

Geïntegreerd kunnen worden met andere tools doe ontwikkeld zijn binnen RST. Dit betekent dat er gekeken moet worden naar de toegankelijke communicatie protocollen waar de andere tools gebruik van maken.

Componenten

Energie voorziening

Zo laag mogelijke spanningen en energie verbruik om onnodig energieverbruik tegen te gaan en voor veiligheid bij complicaties.

Mogelijkheid om 4 uur onafgebroken te kunnen werken met de tool.

Mogelijkheid tot het gemakkelijk vervangen en/of opladen van de voeding.

Elektrodes

Vorbereidingstijd voor het operationeel krijgen van de elektrodes moet minder zijn dan 30 seconden. Het is wenselijk gebruik te maken van dry cap elektrodes voor het minimaliseren van voorbereidingstijd en geen vloeistof of gel nodig te hebben. Ook zal het gebruik maken van actieve elektrodes wenselijk zijn om ruis te minimaliseren.

Kosten

goedkoop toegevoegde waarde bieden

De mogelijkheid onderzoeken of er op een DIY manier betekenisvolle EEG signalen gedetecteerd kunnen worden.

Prijs

Een prijs van de tool tussen de 50-100 euro is wenselijk. Deze prijs zal voor een breed publiek acceptabel zijn.

Mens Machine Interactie

Communicatie

Er zal gebruik gemaakt moeten worden van draadloze communicatie tussen de tool en andere systemen zodat de gebruiker zijn bewegingsvrijheid behoudt.

Multi – user geschikt

Aanpasbaar aan anatomische verschillen per unieke gebruiker zodat zo'n groot mogelijk publiek gebruik kan maken van de tool.

Gewicht

Het gewicht van de tool zal minder dan 100 gram wegen zodat het op het lichaam gedragen, kan worden en niet wordt ervaren als extra 'bagage'.

Afmetingen

De tool moet minder dan 10x10 centimeter in oppervlakte bestrijken zodat hij in variërende situaties gebruikt kan worden (bijvoorbeeld in publieke ruimtes waar de tool niet te veel moet opvallen) en op verschillende lichaam locaties kan worden gedragen.

Plug-and-play

Het beperken van de voorbereidingstijd (maximaal 1 minuut). Hierbij speelt het type te gebruiken signalen een rol als voorbereidingstijd (type sensoren en manier van bevestigen van de tool op het lichaam)

Snel inzetbaar

Het gebruik maken van zoveel mogelijk signalen die als universeel gezien kunnen worden zodat de kalibratiesessie zoveel mogelijk beperkt kan worden.

Kalibreren

Gebruikers moeten zelf gemakkelijk de kalibratie uit kunnen voeren.

De leercurve dient zo kort mogelijk te zijn (binnen 3 pogingen door hebben hoe het moet), het liefst geheel intuïtief.

Wensen

Processing

Toegankelijkheid van data

De mogelijkheid om onbewerkte data op te kunnen slaan voor het verder kunnen verwerken en toepassen van feature extraction.

Inzicht verschaffen in betekenis van lichaamssignalen

Informatie verstrekken waardoor snel inzicht in betekenis van lichaamssignalen wordt verkregen.

Inzicht verschaffen in mogelijke opvang methodes

Informatie verstrekken waardoor snel inzicht in mogelijke opvang methodes van lichaamssignalen wordt verkregen.

Inzicht verschaffen in mogelijke verwerking van lichaamssignalen

Informatie verstrekken waardoor snel inzicht in verwerking van lichaamssignalen wordt verkregen (koppeling aan output).

Onbewuste signalen

Door het inzetten van onbewuste signalen kan de gebruiker geprikkeld worden, inzicht in zichzelf krijgen en verrassingen in interactie verwachten waarbij het verrassingselement stimulans kan zijn voor het vaker toepassen van de interactiemogelijkheid.

6. Definitieve conceptfase

Interactief prototype

Na het testen van het prototype zijn er verschillende aspecten meegenomen voor het door ontwikkelen van de interface. Door het gebruik van de Emotiv elektrodes zal dit 2^e prototype gericht zijn om wenkbrauw fronsen te kunnen detecteren waarna visualisaties en acties uitgevoerd kunnen worden. Kort wordt het ontwerp, de mogelijke applicaties en vervolgens systeem structuur uitgelegd.

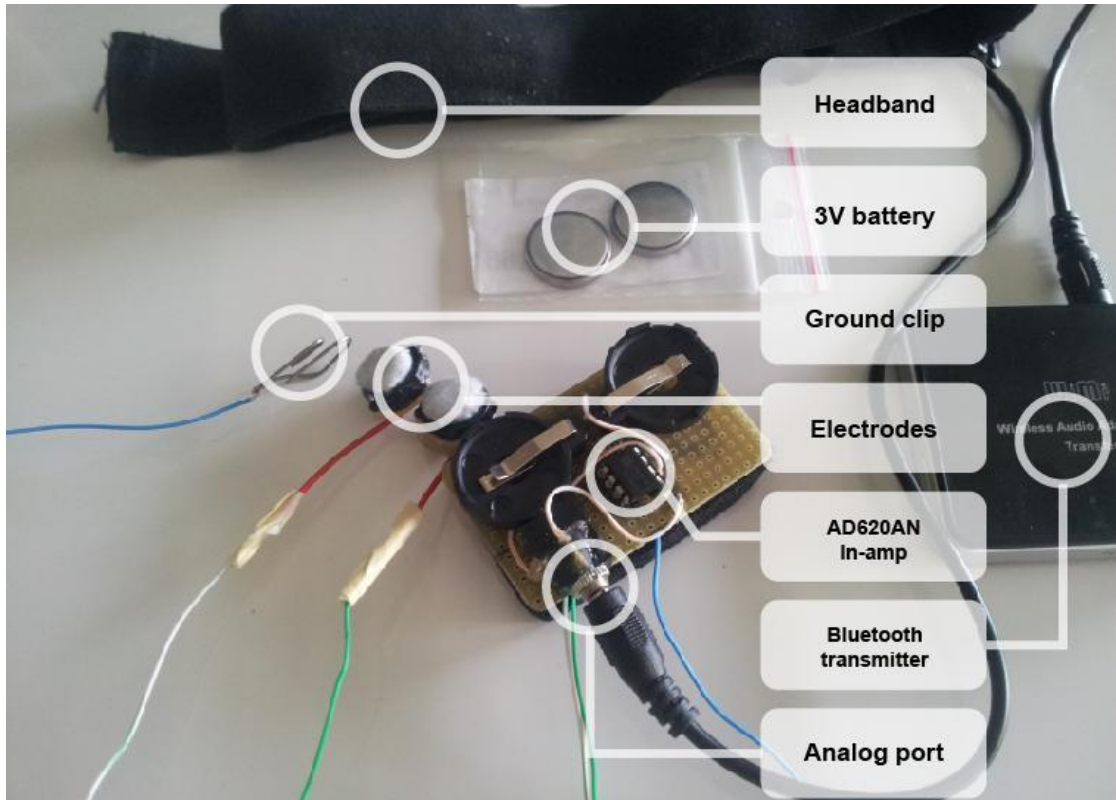


Fig. 6.1 – Overzicht prototype 2

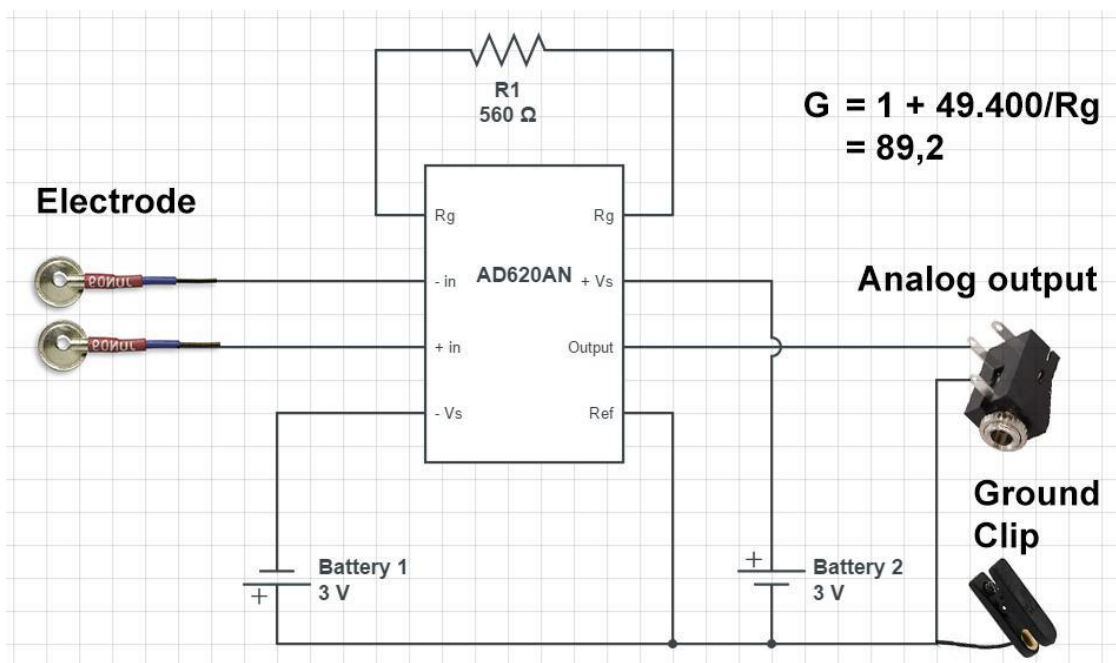


Fig. 6.2 – Schema prototype 2

Ontwerp

De grootste aanpassingen ten opzichte van het eerste prototype zijn gericht op het reduceren van complexiteit, gewicht en de bewegingsvrijheid van de gebruiker. De gebruikte In-amp heeft een minimale voeding nodig van 2,3V. Hierdoor is het mogelijk in plaats van 9V batterijen (45,6 gram) 3V batterijen (CR2032, +/- 3 gram) te gebruiken. Dit zorgt voor een gewichtsreductie van ongeveer 85 gram.

In dit prototype wordt gebruik gemaakt van een draadloze audio verzender (transmitter) en ontvanger (reciever). Dit zorgt er voor dat de gebruiker in straal van 15 meter tot de reciever alle bewegingsvrijheid heeft. De gewichtstoename die dit veroorzaakt is 20 gram. Het totale gewicht licht onder de gewenste 100 gram (+/- 90 gram).

Na het testen met verschillende personen is gebleken dat versterkte signalen, zonder het toepassen van de verschillende filters tijdens het fronsen, nog steeds duidelijke signalen opleveren. Hierbij is het ook minder van belang dat er een manuele versterking wordt ingebouwd. In **Fig. 6.3** is een schematische weergave te zien van het dragen van het prototype.

Een compleet overzicht van alle aanwezige onderdelen is te zien in **Fig. 6.1** en elektronische schema weergave in **Fig. 6.2**. De onderdelenlijst is terug te vinden in **Appendix H**.

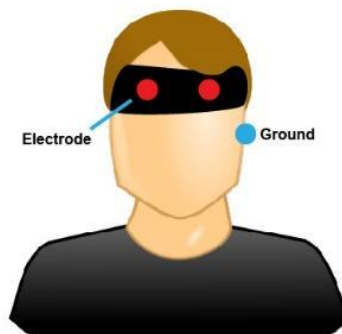


Fig. 6.3 – Plaatsing elektrodes en aarde (Ground) van het interactieve prototype.

Interactie mogelijkheden

Na het gebruiksklaar maken van het prototype zijn enkele interactieve programma's in processing geschreven. Twee hiervan zullen worden uitgelicht; dit zijn de programma's Vol1 en Vis1 (**Appendix I & J**). In het programma Vol1 wordt het verkregen analoge signaal, bij een overschrijding van een zelf te bepalen threshold omgezet tot een Key of Mouse event. Hierbij worden het aantal uitgevoerde acties cumulatief bijgehouden (zie **Fig. 6.8**). In het programma Vis1 wordt de activiteit na intensiteit en aanwezige frequenties gevisualiseerd.

visualisatie

Tijdens het toepassen van het programma Vis1 zijn tegelijkertijd opnames gemaakt van de activiteit. Na een analyse van het frequentiespectrum bleek dat er drie verschillende activiteiten gekarakteriseerd konden worden. Hierbij is een verschil in het heffen van de wenkbrauw en het samenknijpen van de ogen van elkaar te onderscheiden, zowel in de intensiteit van het signaal evenals in de aanwezige frequenties. Beide verschillen worden veroorzaakt door de plaatsing van de elektrodes. Zo is tijdens het samenknijpen van de ogen de spieractiviteit verder verwijderd van het meetpunt. De intensiteit is lager doordat het signaal eerst nog een stuk weefsel moet overbruggen waarbij verstrooiing van dit signaal ontstaat. In **Fig. 6.4** is ook te zien hoe hoge frequenties op natuurlijke wijze worden gefilterd tijdens het overbruggen van een dergelijke afstand.

In **Fig. 6.5** is te zien hoe deze verschillende gezichtsuitdrukkingen worden gevisualiseerd door het programma Vis1. Dit is slechts een uitbeelding om te kunnen laten zien dat op eenvoudige wijze visualisaties kunnen ontstaan met behulp van het prototype.

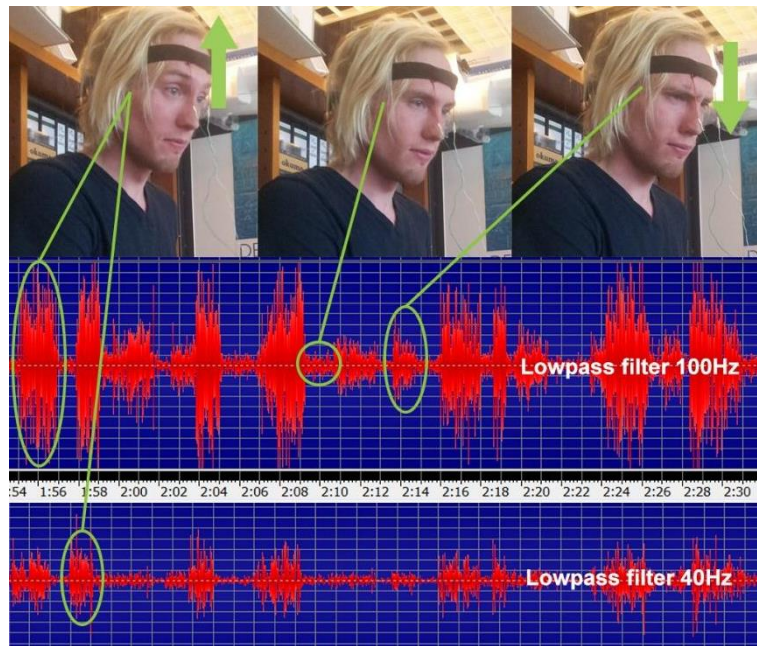


Fig. 6.4 – Verschillend expressies met hun frequenties: Boven 3 verschillende gezichtsuitdrukkingen gekoppeld aan opgevangen signaal na het filteren van frequenties boven 100Hz. Natuurlijke filtering (bij het na beneden fronsen) treedt op doordat deze signalen een grotere afstand moeten overbruggen door weefsel. Dit is terug te zien in het grote verschil van frequenties tussen 40-100Hz. (naar beneden fronsen weinig hoge frequenties, omhoog fronsen meer hoge frequenties aanwezig in signaal).



Fig. 6.5 – Visualisatie van verschillende gezichtsuitdrukkingen (zoals besproken in Fig. 6.4)

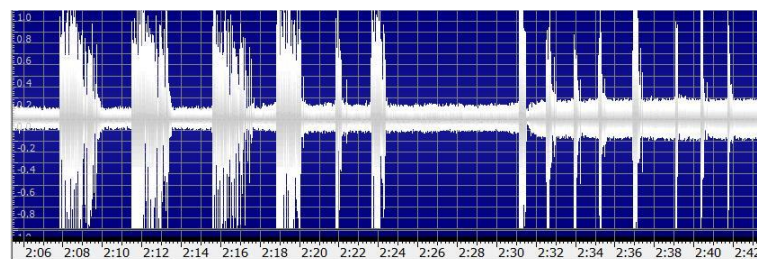


Fig. 6.6 – Hier is te zien is dat een signaalintensiteit na het langer vasthouden van een frons afneemt.

Met de mogelijkheid gezichtsuitdrukkingen te gebruiken als commando, is het programma Vol1 (**Appendix I**) geschreven. Hierbij is ter illustratie een koppeling gelegd tussen fronsen van de wenkbrauwen en het commando 'alles selecteren' (Ctrl + A) zie **Fig. 6.9**. Met de gebruikte 'Event generator' klasse Robot⁹ kunnen zowel verschillende toetsaanslagen als mouse event worden gegenereerd. Dit impliceert een breed scala aan verschillende besturingsmogelijkheden die uitgevoerd kunnen worden met het prototype. Zo zou het kunnen dienen ter navigatie (inzomen, uitzoomen, scrollen) of als overname van proces onderbrekende (betekenisloze) handelingen zoals bijvoorbeeld opslaan, of wisselen tussen digitale gereedschappen (bijv. digital sculpting) zie **Fig. 6.7**. Met de mogelijkheid verschillende type fronsen van elkaar te onderscheiden in intensiteit (zoals licht heffen ten opzichte van diep fronsen), lengte van een frons (vasthouden frons in seconden) en interval (seconden tussen opeenvolgende fronsen) kan met dit prototype eenvoudig 6-10 verschillende commando's worden uitgevoerd.

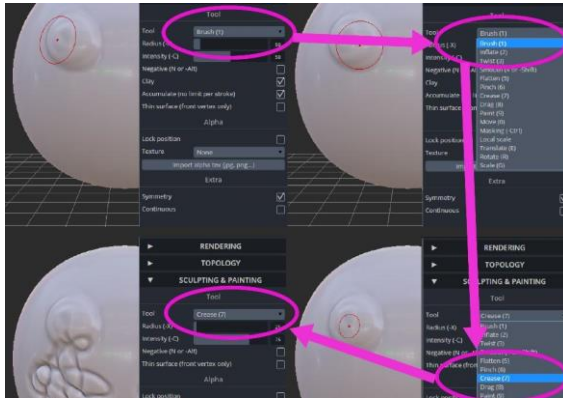


Fig. 6.7 – Wisseling digitaal gereedschap tijdens sculpting, hierbij moet in sommige gevallen met de muis naar een menu genavigeerd worden waardoor het maakproces wordt onderbroken.

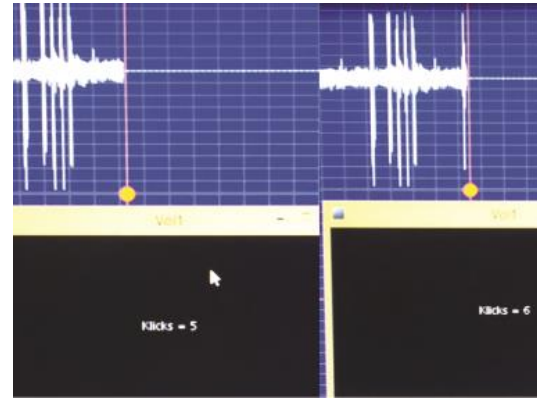


Fig. 6.8 – Registratie wenkbrauw frons: boven is het signaal dat via een analoog kanaal binnenkomt in de computer te zien. Onder is te zien hoe het overschrijden van een grenswaarde in dit signaal zorgt voor het bijhouden van deze overschrijdingen in aantallen.

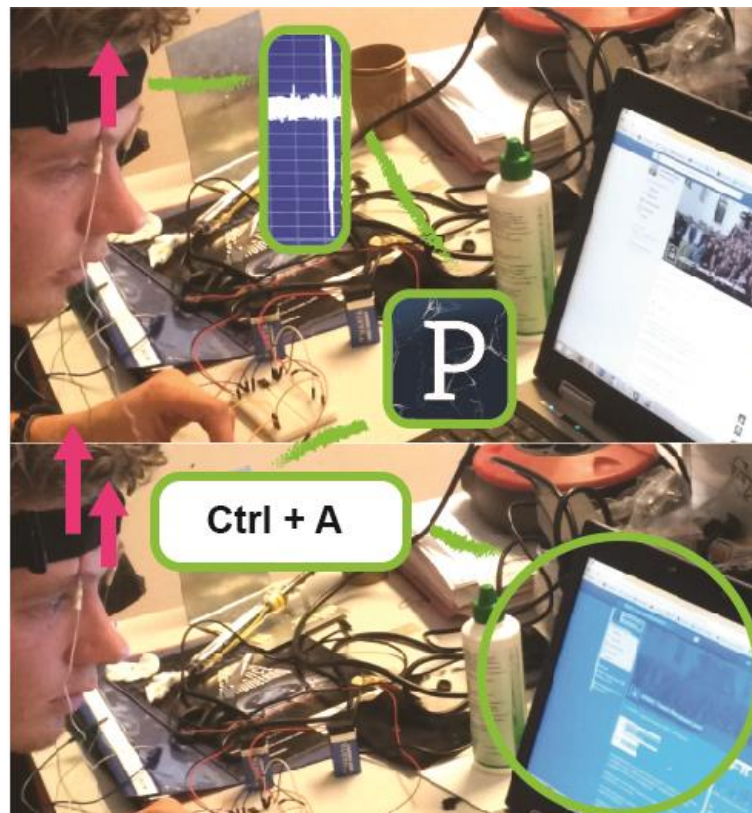


Fig. 6.9 – Een wenkbrauwfrons veroorzaakt een commando(in dit geval 'alles selecteren:' Ctrl + A).

⁹ <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/awt/Robot.html>

Stelsel overzicht

De architectuur van het prototype wordt weergegeven in **Fig. 6.10**. Hierin is te zien welke functionaliteit en onderdelen nodig zijn voor de eerder beschreven interactiemogelijkheden. Deze structuur geeft de mogelijkheid andere lichaam signalen, applicaties en verwerkingsmethodes toe te passen. Zo kan op een opensource manier toegewerkt worden naar modulaire inzetbaarheid van toekomstige doorontwikkelingen.

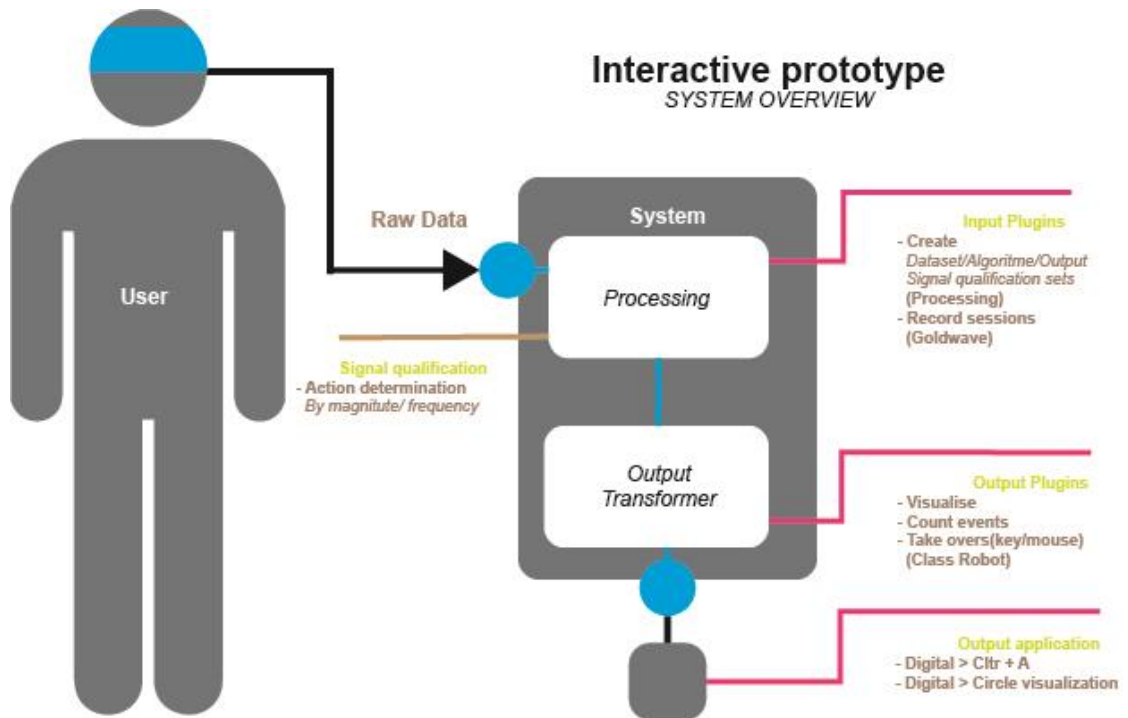


Fig. 6.10 – Interactive prototype systeem

Kalibratie

Doordat er interpersoonlijke verschillen kunnen zijn in de sterkte van het signaal en de aanwezige ruis, zal voor gebruik een eenmalige kalibratie van belang zijn. Tijdens deze kalibratie zal gekeken worden op welk niveau de threshold gesteld moet worden. In **Fig. 6.11** is een overzicht van het beoogde kalibratie proces te zien.

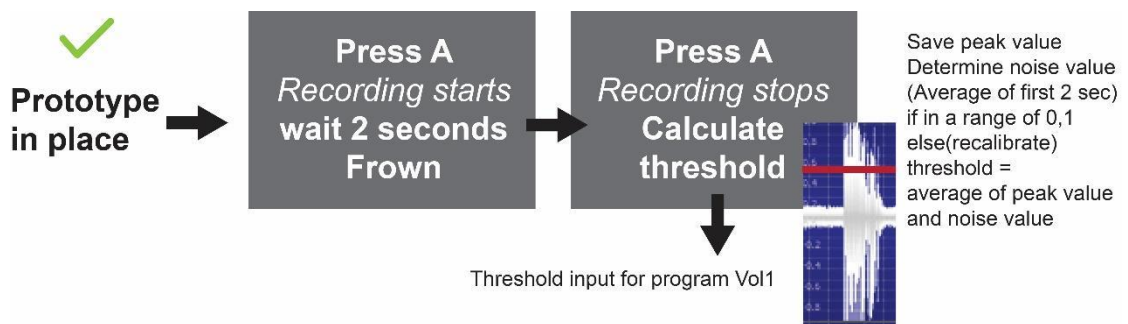


Fig. 6.11 – Kalibratie voor gebruik: als het prototype op het hoofd geplaatst is, dient een knop te worden ingedrukt. Vervolgens moet er gefronst worden. Naar aanleiding van de intensiteit van het signaal en de hoeveelheid aanwezige ruis zal een grenswaarde worden bepaald voor het uitvoeren van acties met behulp van deze frons.

Conclusie

Ontwerp

De beoogde verbeteringen van het eerste prototype zijn behaald. Zo is in prototype twee de complexiteit gereduceerd. Door het draadloos kunnen versturen van de data is het mogelijk met dit prototype een geschikte gebruikerstest uit te voeren. De benadering van het verwerken van de signalen en het koppelen aan verschillende outputs biedt mogelijkheden meerdere lichaamssignalen in te zetten tijdens ontwerpprocessen.

Problemen

Tijdens verschillende gebruikstesten is naar voren gekomen dat enkele aspecten er voor kunnen zorgen dat het prototype ongeschikt raakt voor interactie. Zo is het prototype nog niet stabiel genoeg om ongeacht gebruiker en plaatsing van de elektrodes altijd werkend te zijn. Kleine variaties in impedantie van de elektrodes kunnen er voor zorgen dat het signaal significant verstoord wordt. Deze variaties treden onder andere op door variaties in contactoppervlakte van de meetpunten. De variaties ontstaan als de elektrodes te strak tegen de huid worden gedruwd waardoor de bevochtigde kussentjes kunnen vervormen. Een analyse met behulp van andere elektrodes kan uitslag geven over de daadwerkelijke aard van de complicaties.

Test klaar maken

Voor het uitvoeren van de gebruikerstest wordt geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid draadloos te werken. Instabiliteit in dit gebruik was nog te groot om succesvol geacht te zijn tijdens het testen. De twee elektrodes en de ground hebben een verlengd uiteinde gekregen (gedeelte naar het prototype toe) om de bewegingsvrijheid van de gebruiker enigszins te waarborgen. In **Fig. 6.12** is te zien hoe dit prototype zal gaan samenwerken met de LFDS.



Fig. 6.12 – Het uitvoeren van ‘Captures’, foto’s maken met de camera van de LFDS door middel van het uitvoeren van een frons.

6.1 Experiment en gebruikstest

De test bestaat uit het uitvoeren van een korte ontwerpopdracht waarbij de gebruiker een ufo of ruimteschip in een 2d aanzicht moet maken op de LFDS. Er wordt verwacht dat drie verschillende iteraties tot stand komen in een tijdsbestek van zes minuten. Door deze snelheid te hanteren en gebruik te maken van grove materialen zal een ideale ideation situatie ontstaan (lage resolutie, uiten van ideas of fuzzy notions, een ufo is een faag begrip, weinig begrenzungen).

Gebruikers wordt gevraagd met behulp van het interactieve prototype (niet draadloos) een capture (foto) te maken (zie **Appendix I – programma Vol1**) hierdoor kan tijdens het proces tweehandig gewerkt worden terwijl in tussentijd foto's gemaakt kunnen worden door te fronsen. Het kan zijn dat de gezette threshold te hoog is waardoor de actie uit kan blijven. Ook kan het voorkomen dat onbedoeld een wenkbrauwfrons wordt uitgeoefend door de testpersoon waardoor een capture zonder intentie wordt uitgevoerd.

Om er voor te zorgen dat de gebruiker twee minuten per iteratie bezig is zal een muziekbestand van zes minuten worden afgespeeld waarin drie gelijke stukken voorkomen. Elke twee minuut durende sample bouwt op naar een climax waarbij de gebruiker feedback krijgt over de hoeveelheid tijd die nog over is om te itereren (Toepassing van flow/affection computing Hoofdstuk 8 en 1.3, muziek als gamification middel waarbij cues worden gegeven). Een duidelijk signaal zal de gebruiker informeren over het moeten starten van een nieuwe iteratie. Een gedeelte van de testpersonen zal tijdens de sessie muziek te horen krijgen en een ander gedeelte niet. Dit is om uitspraken te kunnen doen over de invloed van de muziek op de performance.

Doel

Het doel van het uitvoeren van deze test is om te achterhalen hoe mensen de extra interface mogelijkheid ervaren (toegevoegde waarde, comfort en draagbaarheid) en welke mogelijkheden worden gezien dit op meerdere manieren in te zetten.

Ook de cue, gegeven door de muziek, wordt geëvalueerd. Het is van belang de gebruikers te vragen of ze ervaren hebben dat ze gestuurd werden door deze muziek en of ze hierdoor druk hebben ervaren en of ze daardoor mogelijk een ander proces hebben doorlopen. Het doel hierbij is de gebruiker te leiden in het proces, op een speelse manier, zodat de opdracht meer als spel dan als verplicht uit te voeren taak wordt gezien.

Muziek

Het muziek bestand wat wordt gebruikt tijdens de test bestaat uit enkele samples geproduceerd door Francesca Richeux¹⁰ voor een opdracht binnen het vak "Music and Sound for Moving Image" aan haar universiteit.

Delen van deze muziek zijn gebruikt om een sessie van twee minuten te creëren (**Fig. 6.13**). Hierbij wordt het volume verhoogd wat de gebruiker alerter moet maken en wordt op bepaalde punten notificaties gegeven als 'cues' voor de vordering in het proces. Het laatste gedeelte moet voor extra druk zorgen door het verhogen van het tempo en muziek voller te laten klinken (o.a. meer ritme elementen). Op deze manier een gebruiker begeleiden tijdens een visueel ontwerp proces, moet zorgen voor het minimaliseren van de afleiding van het daadwerkelijke proces.



Fig. 6.13 – Indeling van de begeleidende muziek (twee minuten), waarin het volume na verloop van tijd wordt verhoogd en drie notificaties aanwezig zijn die de vordering in het proces moeten overbrengen.

Opzet

In de kamer van RST is de test afgenomen. Hier is de LFDS ook aanwezig. Twee programma's zijn geïnstalleerd op de LFDS zodat de activiteit opgenomen en omgezet kon worden naar actie. Deze actie representeerde de capture wat als Back (space) (keycode 8) knop is ingebouwd in de LFDS (volledige lijst benodigdheden **Appendix L**).

Aan elke testpersoon werd kort uitgelegd wat de ontwerpopdracht inhield. Hierna werd het prototype op het hoofd geplaatst (plaatsing/kalibratie procedure **Appendix L**). De voorbereidingstijd die voor deze stappen nodig was, was gemiddeld per persoon twee minuten en vijftien seconden. Tijdens het starten van de muziek mochten de testpersonen beginnen met de opdracht. Het was toegestaan meer dan drie iteraties uit te voeren maar de cue van de muziek betekende daadwerkelijk een nieuwe iteratie starten. De ontwerpen zijn tot stand gekomen met de materialen die in de toolbox lagen (**Appendix L, Fig. L.3**).

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=pFDbuOLiHNQ>

Na het testen werd een vragenlijst ingevuld door de testpersonen (**Appendix L**). Dit ging verder in op het gebruik van het prototype, en hoe men de muziek als begeleiding tijdens het proces had ervaren. In **Fig. 6.14 & 15** is te zien hoe de opstelling er schematisch uit zag voor testpersonen met en zonder begeleidende muziek. In totaal zijn 14 personen getest waarvan zeven met begeleidende muziek en zeven zonder deze begeleiding. In **Fig. 6.16** is de werkelijke test opstelling te zien.

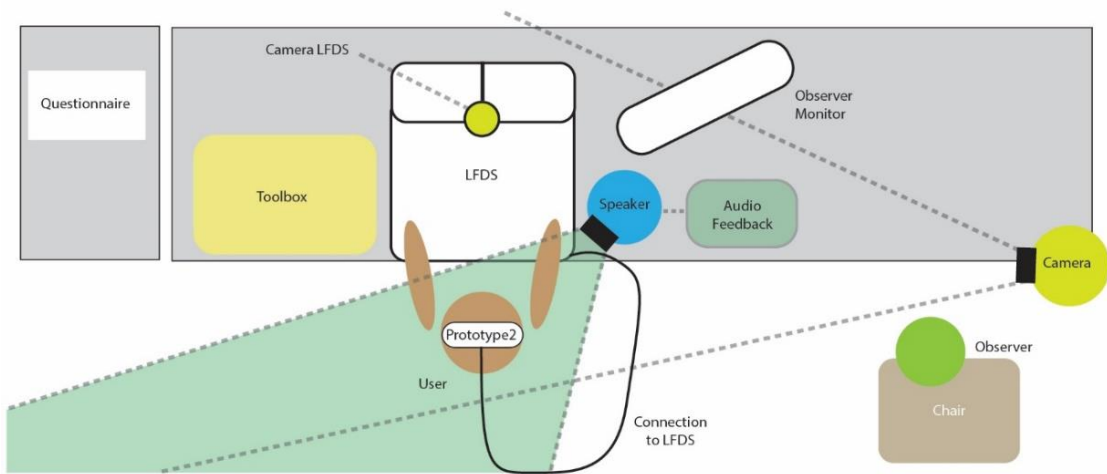


Fig. 6.14 – Testopstelling voor proefpersonen met begeleidende muziek

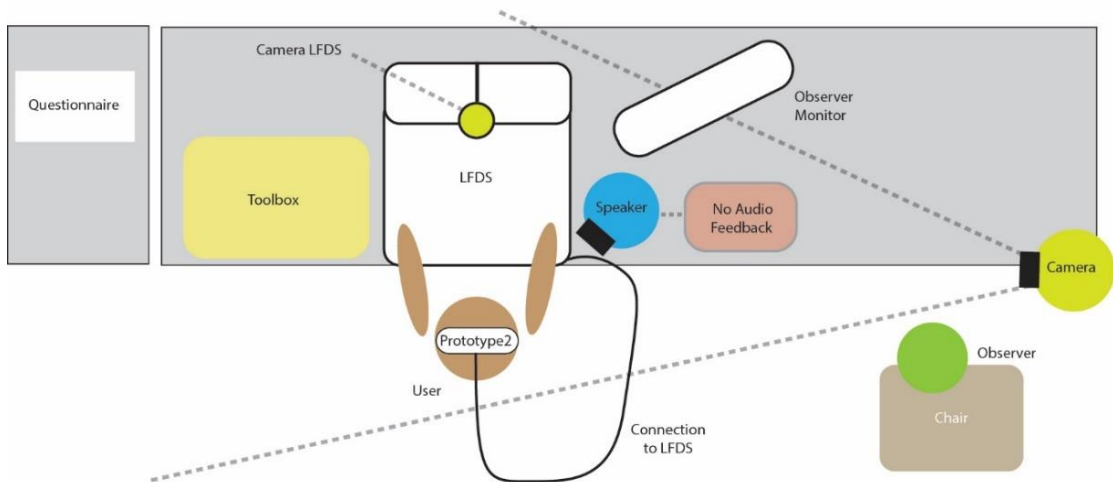


Fig. 6.15 – Testopstelling voor proefpersonen zonder begeleidende muziek

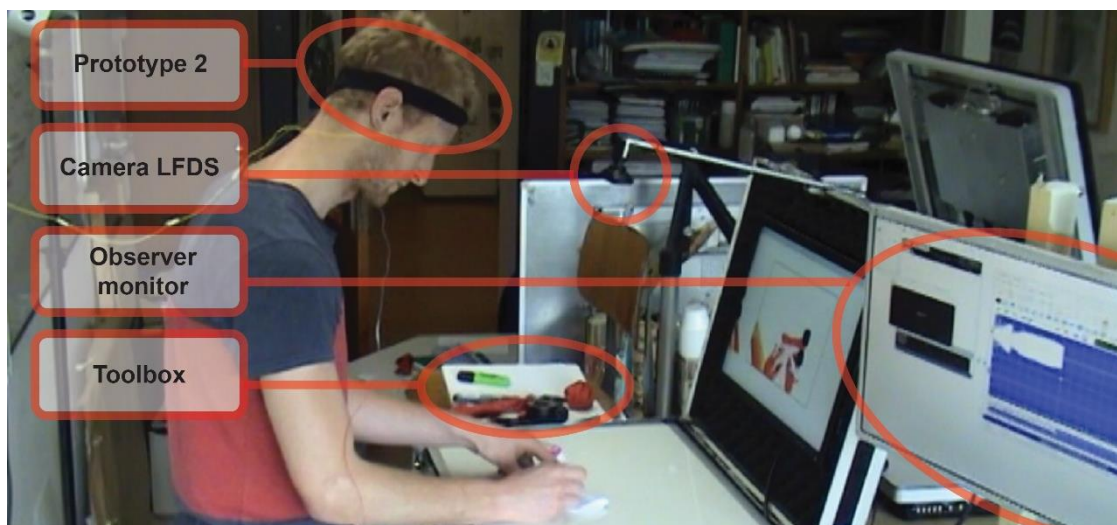


Fig. 6.16 – Werkelijke testopstelling waarin rechts de monitor te zien is voor de observator en centraal (Op ongeveer de zelfde hoogte als het werkveld van de LFDS) de Toolbox, waarin materialen liggen die gebruikt konden worden om mee te ontwerpen.

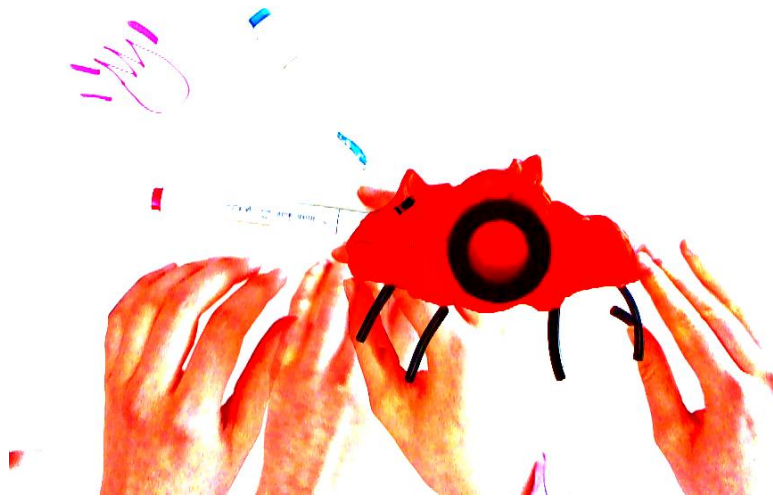


Fig. 6.17 – probleem van het captures met een frons tijdens tweehandig werken volgens sommige testpersonen: “Hij zet mijn handen er ook bij op!”

Analyse en evaluatie

De interactie mogelijkheid

Uit de resultaten (**Appendix L**) is naar voren gekomen dat, ondanks de manuele voorbereiding die nodig was voor het gebruiksklaar maken van het prototype, deze voorbereiding (2:15 min) al richting een gewenste tijd gaat. Ook blijkt dat vrijwel iedere gebruiker goed kon omgaan met het prototype en veelal controle had over het uitvoeren van acties. Alleen één testpersoon ervoer dat het prototype niet naar behoren werkte.

De meeste klachten over de draagbaarheid gingen over de plaatsing van de elektrodes. Vervolgstappen moeten worden ondernomen om bevestiging (constructie) en electrode eigenschappen te verbeteren. Hiermee zal een groot gedeelte van de voorbereidingstijd worden gereduceerd.

De interactie zelf ging bij velen intuïtief. Twee belangrijke aspecten in de interactie zullen moeten worden verbeterd. Ten eerste verlangen mensen naar meer feedback tijdens het uitvoeren van een actie (zoals je dat zou hebben bij het indrukken van een knop, fysiek & tactiele feedback). Ook werd over het algemeen verwacht dat de actie door te fronsen niet zo direct zou worden uitgevoerd als nu het geval was (veel handen op de foto's, **Fig. 6.17**). Op de een of andere manier werd dit niet als natuurlijk ervaren. Er zal gekeken moeten worden of een vertraging in het uitvoeren van de actie zal leiden tot intuïtiever gebruik.

De interactie en de opdracht (visualisatie gecreëerde ufo's zie **Fig. 6.20**) werden ervaren als 'fun' waardoor mensen tijdens het ontwerpproces ook een positieve houding hadden. Dit is deels te wijten aan het feit dat het voor iedereen de eerste keer was om op deze manier te interacteren met een digitaal systeem. Na videoanalyse blijkt dat mensen het af en toe ook als een mogelijkheid zien om een rare gezichtsuitdrukking uit te oefenen onder het mom van “het heeft een toegevoegde functie”. In **Fig. 6.18** zijn enkele gezichtsuitdrukkingen van testpersonen te zien.

Suggesties voor andere lichaamssignalen die verder geïntegreerd kunnen worden in het prototype zijn: het kunnen inzetten van hoofdbewegingen en het kunnen knippen met de ogen. Hierdoor ontstaat er een combinatie tussen positie gerelateerde acties en spieractiviteit. Dit type interface zal men voornamelijk inzetten tijdens het werken met twee handen en voor het uitvoeren van repeterend werk.



Fig. 6.18 – verschillende gezichtsuitdrukkingen van testpersonen tijdens het uitvoeren van een frons (testpersonen 11 t/m 14, voor testpersonen 1 t/m 10 zie bijlage L, Fig.L.5)

Deel 2

Het eind ontwerp

7. Eindontwerp

BCI Integratie RST-HDT, Tool Concept

Vanuit de testresultaten is veel bruikbare feedback naar voren gekomen voor het verder door ontwikkelen van het prototype. Zo is gebleken dat door het gebruik maken van signalen die af en toe ook onbewust optreden al voor een 'nudge' kunnen zorgen (Ambigüiteit). Er is niet 100% controle, de activiteit ligt in een spanningsveld van bewust en onbewust. Signaaldetecties die geïntegreerd worden in het ontwerp zijn knipogen (EOG), lachen, fronsen en het bewegen van het hoofd (suggesties van testpersonen).

Gezichtsuitdrukkingen kunnen ook zorgen voor een positievere gemoedstoestand. Zo wordt "geforceerd" lachen in therapieën toegepast¹¹ om stress te verminderen en het immuunsysteem te versterken. Met deze reden zal het toepassen van een lach als interactie middel opgenomen worden voor doorontwikkeling. Op deze manier zorg de interactie manier onbewust voor een verbetering van de gemoedstoestand. Ook kan het bewust worden van onbewuste signalen zorgen voor meer controle of zullen mensen op een speelse wijze proberen hier controle over te krijgen.

Met het huidige prototype is nog geen onderscheid te maken in de zojuist genoemde gezichtsexpressies. Door het aantal meetpunten te vergroten en deze zo dicht mogelijk te plaatsen bij de bron van de activiteit moet dit realiteit worden. In **Fig. 7.2** is te zien hoe drie meetpunten aan weerszijde op de gewenste spieren worden geplaatst. In **Fig. 7.1** is de benaming van deze spiergroepen te zien. In **Fig. 7.3 & Fig. 7.4** is te zien hoe één en drie paar meetpunten het gezicht van de gebruiker zullen bedekken en hoe deze tool in basis zal worden gedragen.

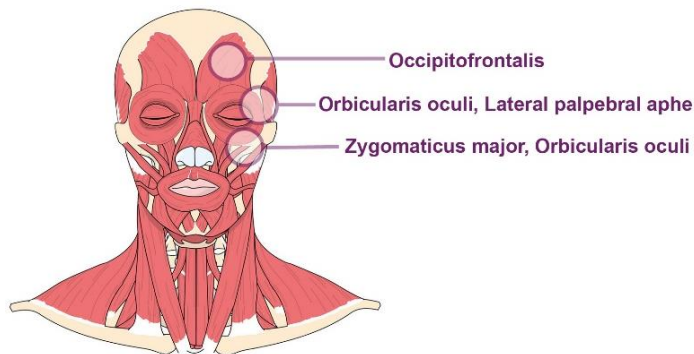


Fig. 7.1 – De verschillende spieren actief bij fronsen, knipogen en lachen, waar metingen met behulp van de sensoren uitgevoerd worden.

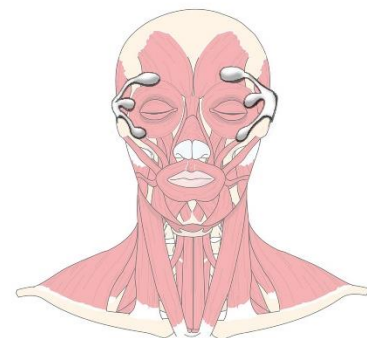


Fig. 7.2 – Locatie sensoren voor het opvangen van fronsen, knipogen en lachen.



Fig. 7.3 – fronsinterface: plaatsing op het hoofd



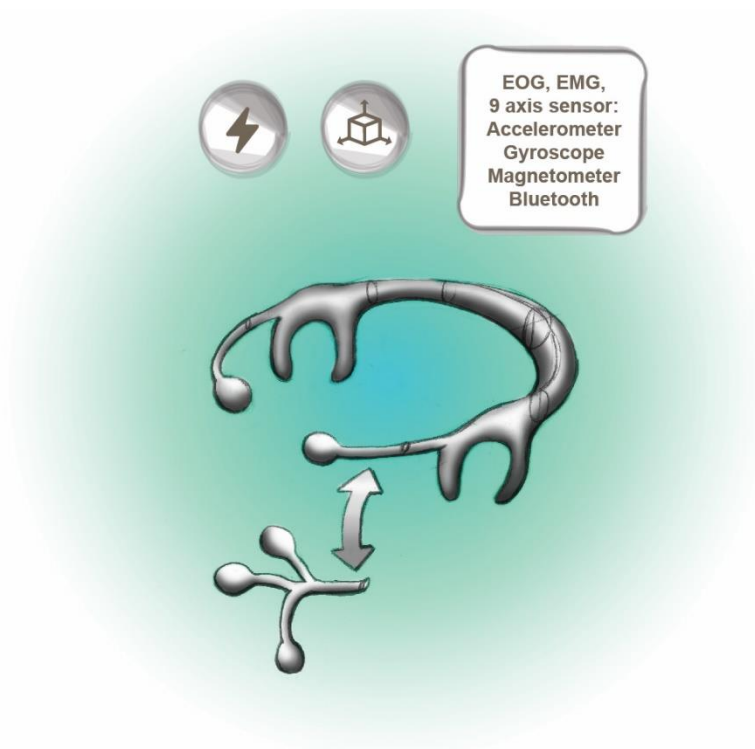
Fig. 7.4 – Concept voor het kunnen detecteren van meerdere gezichtsuitdrukkingen: fronsen, knipogen en lachen

¹¹ <http://www.gezondheidsnet.nl/depressie/lachen-is-gezond>

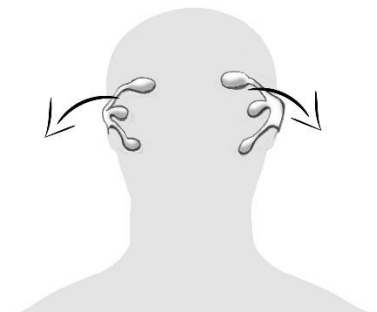
Ontwerp – 'ExpresS'

De tool moet zowel gemakkelijk te plaatsen zijn als enige molariteit bezitten. Door via de zijkant van het hoofd de elektrodes te plaatsen kan de druk die wordt uitgeoefend op het voorhoofd, door de elektrodes, met behulp van een scharnier naar behoeven worden ingesteld (**Fig. 7.7**) en bij het tijdelijk niet gebruiken kunnen de elektrodes op deze manier losgekoppeld worden (**Fig. 7.6**) zonder dat de gehele headset afgenomen moet worden. Het kunnen aanpassen van meetpunten zorgt voor een betere persoonlijke afstelling. Het verwisselbare uiteinde (**Fig. 7.5**) kan per persoon op maat gemaakt worden en speelt in op variërende behoefte in het toepassen van signalen (keuze tussen een interface waar alleen fronsen mee gedetecteerd kan worden tegenover uitgebreidere variant).

Het geheel wordt als een headset om de oren geklemd. Achter het oor zal de 'aarde' (ground) zich bevinden. In dit verdikte gedeelte zal ook een sensor verwerkt worden waarmee bewegingen gedetecteerd kunnen worden (**Fig. 7.5**). Door deze plaatsing (nabij het slakkenhuis) zullen gemeten krachten dicht bij gemeten krachten in de gebruiker (evenwichtsorgaan) liggen. Hierdoor zal de vertaling naar bewegingen en sensaties veroorzaakt door deze krachten, gemakkelijker in kaart gebracht kunnen worden. Om verdere bewegingsvrijheid te garanderen zullen data draadloos worden verzonden.



**Fig. 7.5 – Visualisatie van concept voor doorontwikkeling.
Het kunnen wisselen van het aantal meetpunten en
hierbij ook de elektrodes is een belangrijk onderdeel.**


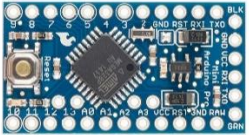
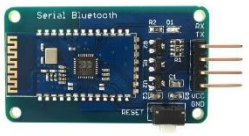






**Fig. 7.6 – mogelijkheid elektrodes in
inactieve stand te plaatsen.**



**Fig. 7.7 – mogelijkheid plaatsing van elektrodes
strakker af te kunnen stellen.**

Hieronder (Tabel. 7.1) worden kort de belangrijkste benodigde componenten voor verdere ontwikkeling besproken. Hierbij wordt de behuizing (+ mogelijke knoppen/schakelaars) en de elektrodes buiten beschouwing gelaten. De output van de drie verschillende In-amps komen binnen via analoge poorten op de Arduino Pro Mini, ook de informatie vanuit de Accelerometer zal hier binnen komen. Hierna worden deze data digitaal via Bluetooth verstuurd naar een centraal systeem. Een oplaadbare batterij zorgt voor het voeden van de verschillende componenten. Hierbij zal van deze spanningsbron een dubbele spanningsbron worden gemaakt met behulp van een Voltage Converter (ICL 7660S) voor de benodigde dubbele voeding van de In-amps.

functie	Component	prijs	visualisatie
Signaal versterking	3x AD620AN - Instrumentation amplifler ¹² + (3x 560 Ω weerstand) 2,3V voeding of hoger	€ 17,40	
Data digitaal door sturen	Arduino Pro Mini 328 - 3.3V/8MHz (Tot 12V voeding mogelijk) 8 analoge poorten ¹³	€ 9,95	
Data draadloos versturen	Draadloze Bluetooth-Module seriële- Transceiver compatibel met 3.3V / 5V voor Arduino / RPi / AVR ¹⁴	€ 5,56	
Energie voorziening	LITHIUM ION POLYMER BATTERY - 3.7V 1200MAH ¹⁵	€ 9,95	
Oplaad mogelijkheid	Lithium battery charger ¹⁶	€ 0,99	
1 spanningsbron omzetten naar 2 (zowel + als – bron, voor In-amps)	ICL 7660 SCPA Lineaire IC ICL 7660 SCPA behuizing DIL 8 Uitvoering E-MOS spanningsconverter (tot 12V inzetbaar) ¹⁷	€ 1,59	
Bewegingen van het hoofd registreren	ADXL345 - Triple-Axis Accelerometer (+ 2g/4g/8g/16g) met I2C/SPI ¹⁸	€ 19,95	
Prijs totaal:		€ 65,39	

Tabel. 7.1 – Benodigde componenten voor de doorontwikkeling van Express

¹² http://www.jameco.com/webapp/wcs/stores/servlet/Product_10001_10001_115174_-1

¹³ http://www.hobbyelectronica.nl/product/arduino-pro-mini-328-3-3v-8mhz/?gclid=CNC0_r2yj8YCFdHMTAodbVQAvG

¹⁴ <http://www.dx.com/nl/p/wireless-bluetooth-module-serial-transceiver-compatible-with-3-3v-5v-for-arduino-rpi-avr-386950?tc=EUR&gclid=CJvzxJGzj8YCFcKtAodxzYAwQ#.VX2QPfntlBc>

¹⁵ <http://skpang.co.uk/catalog/lithium-ion-polymer-battery-37v-1200mah-p-1389.html?zenid=jbrs65tv7s4mkelj0ndei4tsgd131ueh>

¹⁶ <http://www.ebay.com/bhp/lithium-battery-charger>

¹⁷ <http://www.mouser.com/ProductDetail/Intersil/ICL7660SCPA/?qs=sJfSk8B27b%2Fg8jD0meJmA%3D%3D>

¹⁸ <https://www.kiwi-electronics.nl/adafruit-adxl345-accelerometer-met-i2c-spi?gclid=CLiY8WvkCYCFdHMTAodbVQAvG>

Interface onderdelen

Enkele interfaces zullen ook moeten worden ontwikkeld om de gebruiker zo goed mogelijk te kunnen laten interacteren met de tool even als deze de vrijheid te geven om naar eigen inzicht de tool in te zetten. Hieronder worden kort de belangrijkste onderdelen uitgelicht (visualisatie **Fig. 7.8** en **Fig. 7.9**).

Real-time signaal visualisatie

Mogelijkheden voor het zelf kunnen analyseren en classificeren van signalen.

Classificatie koppeling aan acties

Vrijheid in output mogelijkheden (uitvoeren commando's, versturen van OSC signalen).

Kalibratie mogelijkheid

Het kiezen van een gezichtsuitdrukking waarna deze uitgevoerd dient te worden om vervolgens geanalyseerd te worden. Hierna kan gevisualiseerd worden of een gezichtsuitdrukking succesvol is uitgevoerd.

Persoonsgebonden account

Mogelijkheid om signalen te personalifiëren en hierdoor kan op maat gemaakte interactie ontstaan (persoonlijke karakteristieken herkennen, standaardinstellingen per gebruiker).

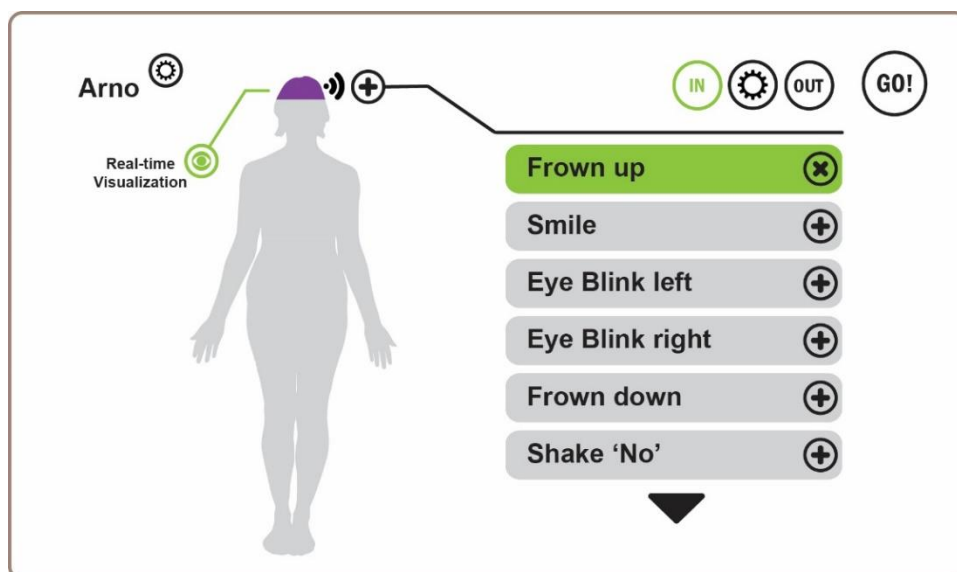


Fig. 7.8 – De mogelijkheid een persoonsgebonden account in te kunnen stellen (links boven), real-time activiteit kunnen visualiseren en kunnen kalibreren (kan onder het kopje real-time-Visualization). Rechts kunnen verschillende gezichtsuitdrukkingen als interactie middel aan en uitgezet worden.

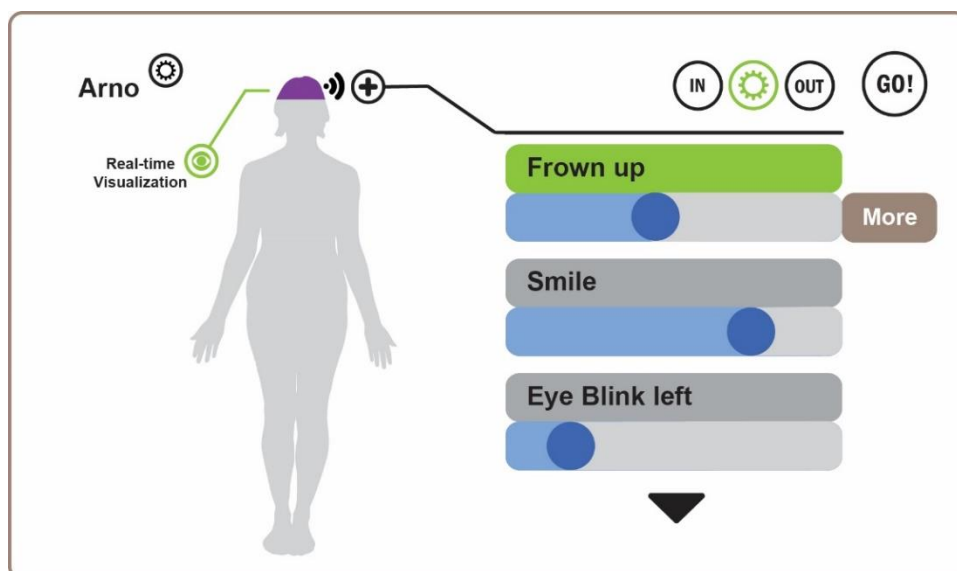


Fig. 7.9 – mogelijkheid om een gewenste threshold in te stellen of andere instellingen te doen zoals de lengte van een actie of frequentie waarmee dit wordt uitgevoerd specificeren. Hierna kunnen deze verschillende gedefinieerde karakteristieken aan een gewenste output worden gekoppeld.

Stelseloverzicht

Hier komen de verschillende onderdelen samen. Zo kan de gebruiker instellingen doen in de user interface. De data uit 'Express' moet worden verwerkt en gekoppeld kunnen worden aan zelf te kiezen outputs (Fig. 7.10). Het uit kunnen wisselen van zelfontwikkelde verwerking (algoritmes) en programmatuur voor het kunnen koppelen van deze informatie zou in de Collaborative Design space (CDS) (Appendix A, RST tools) opgenomen kunnen worden.

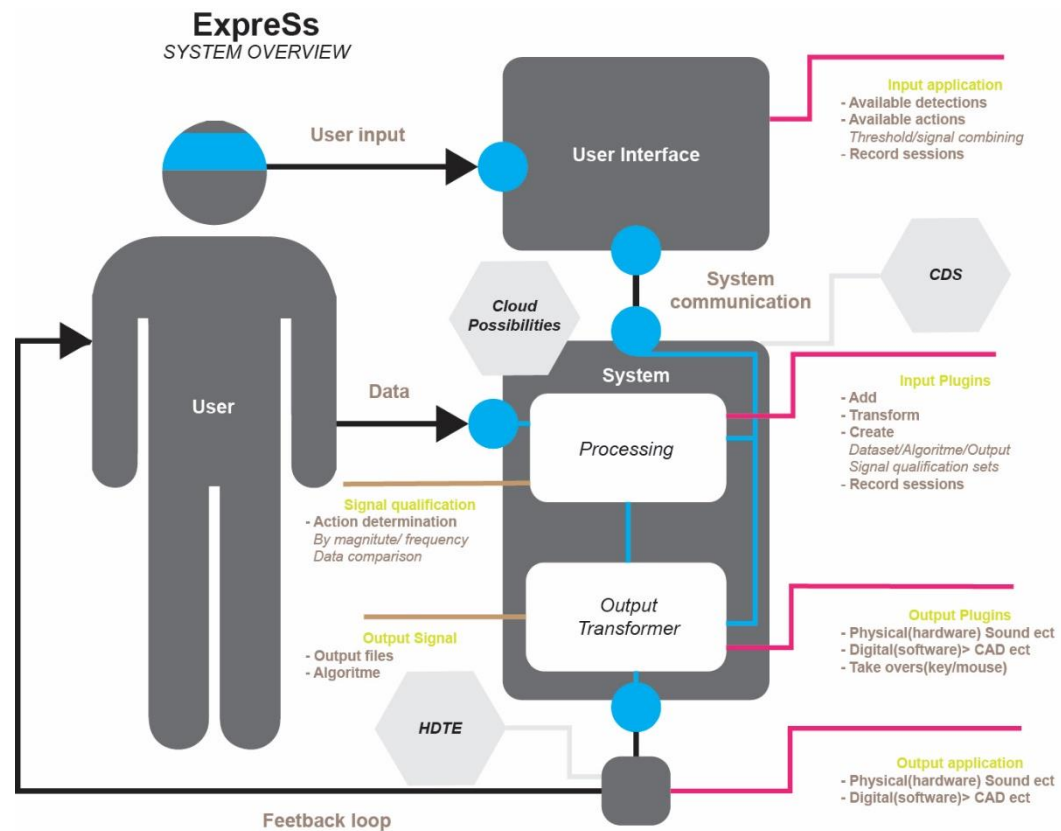


Fig. 7.10 – systeem overzicht van Express. In dit systeem staat de gebruiker centraal, deze interacteert met het systeem door het zenden van lichaamssignalen, de gewenste interactie manier via een userinterface in te stellen en terugkoppeling krijgen (feedback, cues, nudges) na het uitvoeren van de ingestelde interactie manier. De keuzevrijheid en opensource ontwikkelvisie is vormgegeven als 'plugin' opties die gedeeld kunnen worden. Het kunnen toevoegen, veranderen en overnemen van deze 'Plug-ins' ook van anderen kan via een collaboratief ontwerp platform (CDS). De HDTE weergegeven in het overzicht kan zich ook bevinden op een andere locatie dan waar de gebruiker zich bevindt.

Ontwerp Evaluatie

Zoals eerder besproken is in hoofdstuk 1.1 zijn er enkele uitgangspunten waaraan het ontwerpgereedschap moet voldoen om mogelijk succesvol te kunnen worden. De feedback vanuit de test in combinatie met de conceptschets voor doorontwikkeling zullen naast deze eisen worden gelegd om te achterhalen of hier aan wordt voldaan en welke extra stappen nog kunnen worden ondernomen.

Het belangrijkste punt van kritiek dat geleverd kan worden op deze tool is dat er nog onderzocht kan worden hoe tactiele representatie toegepast kan worden (**Tabel. 7.2**).

RST tool vereisten	beoordeling	Verklaring beoordeling
De tool geeft meer inzicht en begrip	+	Bewustwording gezichtsuitdrukkingen.
De tool is laagdrempelig in het aanleren	++	Natuurlijke bewegingen.
De tool versnelt verwerkingssnelheid in de oplossingsruimte	+	'extra paar handen' en nudging.
De tool omvat zowel visuele als tactiele representatie	-	Op dit moment alleen visueel, mogelijk toevoegen van vibraties (sensor) in de tool.
De tool lokt gemakkelijke ideegeneratie en conceptualisering uit	++	Niet 100% gecontroleerde actie vertaling.
De tool geeft de mogelijkheid tot simulatie en prototyping	+	Fun factor (gekke gezichten trekken).
De tool geeft de mogelijkheid tot intuïtieve ongebonden interactie	+	Natuurlijke bewegingen, gemakkelijk om af te doen.
De tool zorgt voor het kunnen uiten of benadrukken van vaardigheden	+	Goed voor mensen met slechte motoriek en/of goede gezichtsuitdrukkingen.
De tool is toepasbaar in een comfortabele omgeving (binnen gestelde context)	+	Persoonlijke afstellingen en niet gebonden (af doen als tool niet meer gewild is).
De tool (en zijn inhoud) is verplaatsbaar en/of draagbaar.	+	Klein, licht en draadloos (mogelijk fragiel tijdens inactiviteit, stevige omhulsel zal nodig zijn).

Tabel. 7.2 – de verschillende vereisten voor het vruchtbaar kunnen worden van een (hybride) ontwerpgereedschap, de beoordeling van testresultaten in combinatie met de conceptschets aan deze vereisten (van -, +/-, +, t/m ++)
en een korte toelichting voor deze beoordeling.

Intermezzo

Toepassing in professionele HCI

Ook al is de tool ontwikkeld vanuit het RST gedachtegoed en is dubbelzinnigheid en speelse aard van de interactie een belangrijke factor, zou deze tool ook mogelijk toe te passen zijn in andere professies. Hieronder worden kort een paar groepen uitgelicht waarin deze tool mogelijk als succesvolle interface ingezet kan worden.

Programmeren/ CAD ontwerpen

Tijdens het intensief werken met computers zoals programmeren, ontstaat een nauwe verbondenheid tussen gebruiker en systeem. De eerder genoemde betekenisloze acties, kunnen worden overgenomen door het uitvoeren van gezichtsuitdrukkingen. Hierbij gaat het om gemakkelijk kunnen wisselen van schermen, bepaalde digitale tools en het kunnen opslaan. Een interessant opmerking gemaakt door een testpersoon toen hem gevraagd werd of het handig was gezichtsuitdrukkingen te gebruiken in HCI processen luidde als volgt: 'nee, dit is niet handig omdat je met gezichtsexpressie ook moet communiceren met collega's'. In het geval van Programmeren/CAD ontwerpen als HCI professies wordt een computer nog niet direct als collega ervaren maar kan door het interacteren met gezichtsuitdrukkingen wel gezorgd worden voor een menselijkere samenwerking, omdat wij dit als mensen onderling (deels onbewust) al gebruiken om te communiceren.

Gaming

Tijdens het gamen, een tak waarin HCI zowaar nog belangrijker is voor de gebruikerservaring, zou deze tool ook ingezet kunnen worden voor de eerder genoemde interacties met minder betekenis. Een grote toevoeging kan het zijn als gebruikers coöperatief bezig zijn en zo met een stukje lichaamstaal (reflectie van gezichtsuitdrukking op avatar) in virtuele werelden een extra communicatie middel hebben. Ook kunnen hoofdbewegingen (bewegingssensor) een natuurlijkere navigatie veroorzaken. Vaak moet nu met de muis of een joystick het gezichtsveld worden verplaatst. Met deze tool is het mogelijk hoofdbewegingen zelf, in te zetten om het gezichtsveld te veranderen.

Camera?

Gezichtsuitdrukkingen kunnen ook worden gedetecteerd met behulp van een camera (image recognition). Waarom dan toch gaan voor een draagbare interface? Beide technieken hebben hun eigen voor- en nadelen. Zo kan omgevingslicht verstoringen veroorzaken tijdens het gebruik maken van een camera. Ook het bereik in het waar te nemen veld (sensorial space) is beperkter. Met een draagbare interface zijn subtielere verschillen waar te nemen en zorgt voor meer bewustwording van het uitvoeren van acties door de fysieke aanwezigheid van de interface. Ook de verwerking van de data die EMG oplevert, zorgt voor minder benodigde reken capaciteit ten opzichte van beeldverwerking vanuit een camera.

9. Conclusie

BCI

Ondanks dat de ontwikkelingen binnen BCI op EEG gebied op gang beginnen te komen, zal het nog enige tijd duren voor dit in ons dagelijkse interactie met digitale systemen is geïntegreerd. De potenties zijn er om op emotioneel gebied te kunnen interacteren. De massa zal nog overtuigd moeten worden van de meerwaarde hiervan. Momenteel spreekt de techniek veelal tot de verbeelding, wat een positieve drive geeft aan de ontwikkelingen. Het lijkt erop dat BCI de graal is van HCI terwijl er zoveel andere interactie mogelijkheden met betrekking tot lichaamssignalen mogelijk zijn. Op dit gebied zijn ook voldoende ontwikkelingen gaande (Myo, ect. en ontwikkelingen van interactieve protheses). Deze HCI producten lijken dichterbij het RST gedachtegoed te liggen als het gaat om plug-and-play gebruik en het kunnen inzetten van alledaagse vaardigheden die besloten liggen in onder andere onze handen (Tangible & Tacit knowing) terwijl BCI eerder een ont koppeling van lichaam en geest kan betekenen.

ExpreSs

Het gebruik maken van gezichtsuitdrukkingen als interactie middel lijkt potentie te hebben. Vanuit het testen is duidelijk naar voren gekomen dat het gebruik van deze interactie als zeer leuk werd ervaren. Het 'toevalselement' zorgde voor opschudding en creëerde een losse en speelse interactie. De kleine persoonlijke verschillen in de signaalsterkte van verschillende testpersonen laat zien dat het toegang kan bieden aan vele gebruikers. Ook de uiteindelijke prijs (€ 65,-) biedt perspectief als het gaat om toegankelijkheid t.a.v. aanschaf. Door het op open manier verder ontwikkelen van deze tool kunnen gebruikers naar eigen inzicht en wensen deze tool gaan inzetten tijdens uiteenlopende processen (gaming, CAD ontwerpen, programmeren, ect.).

10. Aanbevelingen

Een interessante onderzoeksrichting voor vervolg onderzoek binnen RST met betrekking tot EEG is de affectieve statussen invloed te laten hebben op vormgeneratie (H2: Shaping met statussen, H8: Emotional Engineering). Wellicht zou achterhaald kunnen worden of hierdoor ideeën in betere overeenstemming zijn met de gemaakte representatie hiervan om zo een nieuw handvat te creëren voor het dichten van de kloof tussen gebruiker en representatie methodes (Fig. 1.7), (fig.10.1, visualisatie).

Aanbevelingen voor 'Expres' zullen het verder onderzoeken van juiste embodiment zijn waarin een bredere studie naar human factors en fysieke interactie centraal staan. Het verder verkennen van toe te passen elektrodes is ook een cruciaal punt in verdere ontwikkeling. Hierbij kan gedacht worden aan een technische pairwise comparison waarin dry-cab en actieve elektrodes zullen worden gebruikt. Na het vastleggen van de juiste elektrodes zullen signaalverwerkingsalgoritmes en een graphical user interface (GUI) moeten worden ontwikkeld. In deze GUI zal toegang moeten zijn om deze algoritmes in te zien en te kunnen manipuleren om eerder genoemde vrijheid in gebruik te waarborgen.



Fig. 10.1 – Toekomst scenario voor het inzetten van wearable EEG als interactie module voor het beïnvloeden van gedigitaliseerde vormgeving in een RST-HDTE.

Referenties

Alle bronnen en websites zijn bekeken, gedownload of geleend in de periode tussen 15-12-2014 en 18-06-2015.

Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2007). Color and psychological functioning. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 250-254. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00514.x

Fig.2.6 – EEG Pong

Christian Henry. (2012, October 18). Playing Pong With EEG Demo [Video file]. Retrieved Match 21, 2015, from <https://www.youtube.com/watch?v=Kyh-13Kxflc>

G-tec. (2010). Comparison: active versus passive electrodes. *Newsletter September 2010*. Vol. 29. Retrieved from <http://www.gtec.at/News-Events/Newsletter/Newsletter-September-2010-Volume-29/articles/Comparision-active-versus-passive-electrodes2>

Hinterberger, T. (2007). Brain – Computer Interfaces for communication in Paralysis: A Clinical Experimental Approach. In G. Dornhege, J. R. Millán, T. Hinterberger, D. J. McFarland & K. Müller (Ed.), *Toward Brain – Computer Interfacing* (p. 46, figure 3.1). Cambridge, MA: the MIT Press

Jap, B. T., Lal, S., Fischer, P., Bekiaris, E. (2009). Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Systems with Applications*. Vol. 36(1), P. 2352–2359. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417407006914>

Kosmadoudi, Z., Lim, T., Ritchie, J.M., Liu, Y., Sung, R., Hauge, J.B., Garbaya, S.,
Wendrich, R.E & Stanescu, I.A. (2014). Harmonizing interoperability - Emergent Serious
Gaming in Playful Stochastic CAD Environments. In, *Second International Conference,
GALA 2013* (pp. 390 - 399). Paris, France: October 23-25, 2013.

Kruiper, R. (2015). *Enhanced Hybrid Design Tool Environment* (Master's thesis, University
of Twente, Enschede, The Netherlands)

Küber, A., Müller, K. (2007). An Introduction to Brain – Computer Interfacing. In G.
Dornhege, J. R. Millán, T. Hinterberger, D. J. McFarland & K. Müller (Ed.), *Toward Brain –
Computer Interfacing* (pp. 1- 25). Cambridge, MA: the MIT Press

Lesiuk, T. (2005) The effect of music listening on work performance. *Psychology of Music*,
33(2), 173-191.

Lopez-Gordo, M. A., Sanchez-Morillo, D. & Valle, F. P. (2014, July). Dry EEG Electrodes.
Sensors, 14(7), 12847-12870. Doi: 10.3390/s140712847

Miyawaki, Y., Uchida, H., Yamashita, O., Sato, M., Morito, Y., Tanabe, H. C., Sadato, N. &
Kamitani, Y. (2008). Visual Image Reconstruction from Human Brain Activity using a
Combination of Multiscale Local Image Decoders. *Neuron*, Vol. 60, p. 915–929.
Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627308009586>

Ortiz-Rosario, A. & Adeli, H. (2013) Brain-computer interface technologies: from signal to action. *Rev. Neurosci.* 24 (5): 537–552. DOI 10.1515/revneuro-2013-0032

Osborn, A. F. (1979). *Applied Imagination, Principles and procedures of creative problem-solving*. New York, NY: Scribner

Rached, T. S. & Perkusich, A. (2013). Emotion Recognition Based on Brain-Computer Interface Systems. In R. Fazel-Rezai (Ed.), *Brain-Computer Interface Systems - Recent Progress and Future Prospects* (Pt. 13). Doi: 10.5772/56227

Russell, J. A. & Feldman Barrett, L. (1999). Core Affect, Prototypical Emotional Episodes, and Other Things Called Emotion: Dissecting the Elephant. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 76. (5), P. 805-819. Retrieved June 17, 2015, from http://www.ozrp-students.narod.ru/0910/0910_2/vo_4_spe/russell-barrett-1999.pdf

Srinivasan, R. (1999). Methods to Improve the Spatial Resolution of EEG. *International journal of bioelectromagnetism*. Vol. 1. (1), P.102-111. Retrieved from http://ijbem.ws.hosei.ac.jp/volume1/number1/pdf/ijbem_a102-111.pdf

Verduijn, L. J. (2012). *Hybrid Design Tools: A Novel Approach To Intuitive HCI* (Master's thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands)

Wendrich, R. E. (2010). Raw Shaping Form Finding: Tacit Tangible CAD. *Computer-Aided Design and Applications*. Vol. 7. (4), P. 505-531. DOI: 10.3722/cadaps.2010.505-531

Wendrich, R. E. (2011). Distributed Cognition, Mimic, Representation and Decision Making. Hybrid Interaction Environments in Support of Collaborative Design Processes. *Virtual Reality International Conference (VRIC2011)*. At Laval, France.

Wendrich, R.E., Tragter, H., Kokkeler, F.G.M., van Houten, F.J.A.M. (2009). Bridging the Design Gap: Towards an Intuitive Design Tool. *Proceedings of the ICSID World Design Congress*. Singapore.

Wendrich, R.E. (2014). Mixed Reality Tools for Playful Representation of Ideation, Conceptual Blending and Pastiche in Design and Engineering. In: *ASME 2014 International Design Engineering Technical Conference* (pp. 34926 -). Buffalo, NY, USA: 17-08-2014 - 20-08-2014.

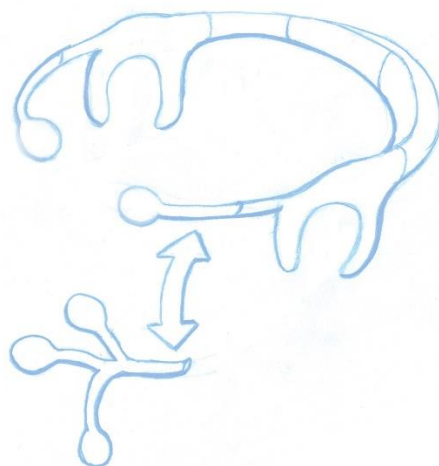
Young, D. M. (2012) *Adaptive Game Music: The Evolution and Future of Dynamic Music Systems in Video Games* (Batchelor's thesis, Ohio University). Retrieved June 18, 2015 from https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=ouhonors1340112710&disposition=inline

Ontwerp en implementatie van Brein-Computer-Interfaces (BCI)
binnen een Hybrid Design Tool (HDT) ontwerpomgeving



*Toepassingsvoorstel voor
Rawshaping Technology (RST)*

Appendix



Jan Kleine Deters
S1124315

UNIVERSITEIT
TWENTE.

*Bachelor Opdracht
Industrieel ontwerpen*

rawshaping[®]
technology

Appendix A – Tools RST

RSFF [Raw Shaping Form Finding machine]

De RSFF is een virtual design assistent en de eerste tool ontwikkeld binnen RST waarin de 'best-of-both worlds' benadering is toegepast. Het gereedschap bestaat uit een werkbank (metafoor) waar de ontwerper achter staat. Deze gebruiker kan 3d-volumetrische objecten manipuleren in een zo geheten 'sensorial space'. Met een Kinect wordt een virtueel model 3d opgebouwd waarna deze visueel getoond kan worden aan de ontwerper door middel van een scherm. Hierbij worden tussentijdse iteraties opgeslagen in een bibliotheek waarna deze digitaal via het scherm kunnen worden na bewerkt waardoor het creëren en ontwikkelen van ideeën op een fluïde manier zich van de echte naar de virtuele wereld kan verplaatsen. De grote voordelen van deze tool zijn het kunnen werken met fysieke materialen en het niet hoeven vertalen (reproducen) van iteraties die digitaal verder doorontwikkeld kunnen worden om bijvoorbeeld simulaties of visuele representaties te maken.

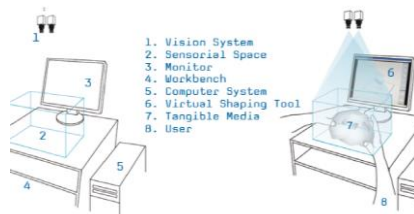


Fig. A.1 –RSFF



Fig. A.2 – LFDS

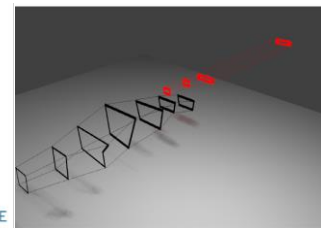


Fig. A.3 – CSDS

LFDS [Loosely Fitted Design Synthesizer]

De LFDS is gebaseerd op de RSFF maar geeft andere mogelijkheden in gebruik. Hierbij wordt enkel gebruik gemaakt van 1 camera. Door objecten in de sensorial space te plaatsen en een capture te maken verschijnt een 2-d representatie van dit object op het scherm. Deze representatie vormt de basis voor een iteratie en zal op het scherm aanwezig blijven tot er een nieuwe iteratie gestart wordt. Elke nieuwe capture is een nieuwe laag die geplaatst wordt over eerdere opnames. Na ongeveer 20-25 captures, afhankelijk van omgevingslicht wordt de representatie zo donker dat de ontwerper gedwongen wordt een nieuwe iteratie te starten. Voordelen van deze tool zijn het kunnen hergebruiken van objecten (kopiëren) en de gebruiker onbewust stimuleren nieuwe iteraties te starten na mate de complexiteit van de samenstelling hoger wordt.

LFDS Extended [CSDS & CCDS]

Met de groeiende mogelijkheden van web-based applicaties kunnen iteraties gemakkelijker gedeeld worden en kan er gezamenlijk gewerkt worden aan zelfde projecten. Met de tool Cross Sectional Design Synthesizer (CSDS) als extensie van het LFDS framework wordt doormiddel van doorsnedes van objecten geprobeerd 3d-volumes te creëren in een web-omgeving. Met behulp van een camera kan real-time interactie worden bijgehouden. In de COLLABORATIVE CLOUD DESIGN SPACE (CCDS) kunnen verschillende apparaten worden ingezet zoals onder andere een laptop en de LFDS om zo gezamenlijk te kunnen werken in een webontwerp omgeving aan een zelfde bestand. De voordelen van het werken in een web omgeving is de toegankelijkheid voor iedereen die internet verbinding heeft en mogelijkheden om werk extern te kunnen bewaren en delen zodat veranderingen in het ontwerp up-to-date zijn bij alle betrokkenen.

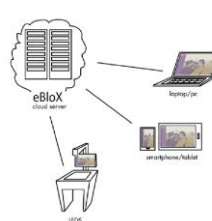


Fig. A.4 - rechts CCDS

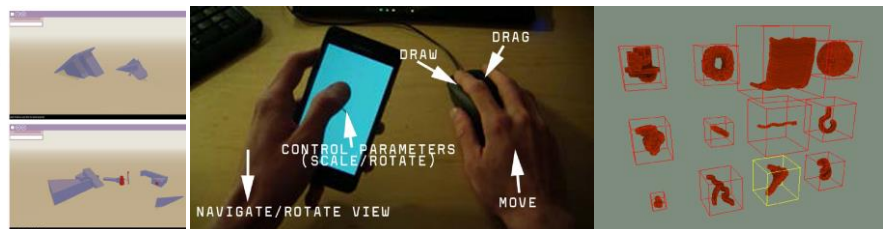


Fig. A.5 – 3D Intuitive Voxel Shaping Tool

3D Intuitive Voxel Shaping Tool

Met deze tool kan op intuïtieve manier met 3d-voxels geschetst worden. Het maken van combinaties van eerdere schetsen/sculpturen kan op eenvoudige wijze door in de oplossingsbibliotheek te wisselen van object. Niet alleen de mogelijkheid om hier tussen te schakelen zorgt voor een vernieuwde werkwijze in een CAD omgeving. Ook de manier van het navigeren wat met behulp van een mobile device gebeurt, is niet conventioneel. Data vanuit de plaats bepalende censors zijn onderdeel van het besturen van een sculptuur. Hiermee kan de gebruiker op een natuurlijkere wijze werken in deze virtuele omgeving. Het grootste voordeel van deze tool is de manier waarop de bewegingen van de sculpturen vanuit werkelijke bewegingen vertaald zijn voor het op een intuïtievare manier navigeren in de virtuele wereld.

Appendix B – BCI technieken

FNIRS

FNIRS staat kort voor 'functional near-infrared spectroscopy'. Deze techniek maakt gebruik van een zender en een ontvanger van nabij infrarood licht. Deze sensoren worden op de scalp geplaatst. Verschillen in het opgevangen licht duiden op variërende aanwezigheid van zuurstofrijk/arm bloed. Deze techniek is gebaseerd op het principe van 'Blood-Oxygenation-Level-Dependent' respons waarbij er een koppeling gelegd wordt tussen activiteit en hoogte van het zuurstof gehalte in het bloed. Het grootste voordeel van deze techniek is het goed kunnen lokaliseren, spatiale resolutie van 20-30mm (Kaneko et al., 2012) van de hersen activiteit. Het grootste nadeel is het feit dat gemeten activiteit niet 'real-time' is maar ongeveer een vertraging oplevert van 1-3 seconden (Akiyama, Ohira, Kawase & Kato, 2006). Er bestaan verschillende draagbare, draadloze commerciële FNIRS systemen die tussen het jaar 2009-2011 uitgebracht zijn. Deze systemen worden vooral nog ingezet als analyse middel in onder andere de neurologie, psychiatrie en psychologie waarbij het op onderwijs gebied onderranden aandacht en geheugen onderzoeksvelden zijn (Ferrari & Quaresima, 2012).

EEG

EEG staat kort voor Elektro-encefalografie. Met deze techniek worden elektrische potentiaalverschillen die ontstaan bij hersenactiviteit door middel van elektrodes opgevangen. Deze elektrodes zijn geleidende materialen die ofwel op de huid geplaatst worden of onderhuids aangebracht worden. Dit verschil in manier van opvangen wordt ook wel 'non- invasive' of 'invasive' genoemd. De eerste BCI systemen waren gebaseerd op EEG (Küber & Müller, 2007). Veel neurologisch onderzoek wordt uitgevoerd met deze techniek en de ontwikkeling van de opvang techniek heeft er voor gezorgd dat er momenteel enkele draagbare systemen op de markt zijn die al ingezet kunnen worden als interface voor de eindgebruiker. De grootste voordelen van deze techniek is de hoeveelheid beschikbare onderzoeken en verwerkingstechnieken. Door het meten van elektrische potentialen in een omgeving waarin elektronische apparaten aanwezig zijn kan er veel ruis ontstaan, evenals andere lichaamsactiviteiten die spanningsverschillen opleveren zoals spieractiviteit (artefacten) (Repovš, 2010).

FMRI

FMRI staat kort voor 'Functional Magnetic Resonance Imaging'. Bij deze techniek wordt een 3d beeld gevormd van de hersenactiviteit door het principe van kernspinresonantie (Vliegthart, Nd.) waarbij magnetische eigenschapsverschillen in verschillende delen van de hersenen de anatomie kunnen weergeven. Ook deze techniek maakt gebruik van het principe van de 'Blood-Oxygenation-Level-Dependent' respons, hierbij zijn veranderingen waar te nemen in het magnetische veld. Deze techniek wordt voornamelijk toegepast in ziekenhuizen waarbij het gebruikt wordt als analyse tool. Door de omvang van het apparaat genaamd de MRI scanner is het nog niet mogelijk deze techniek in te zetten als BCI waarbij de gebruiker bewegingsvrijheid heeft. Ook zijn er risico's bij het gebruik van deze techniek, zo kan er duizeligheid en evenwichtsstoornissen ontstaan even als mentale problemen¹⁹).

MEG

MEG staat kort voor Magnetoencephalography. Ook deze techniek vangt variaties in het magnetische veld op. Met deze techniek wordt gekeken naar veranderingen die veroorzaakt worden door elektrische activiteit die ontstaan bij hersenactiviteit (Hansen, Kringelbach & Salmerin, 2010). Ook bij deze techniek geniet de gebruiker nauwelijks bewegingsvrijheid en zal nog niet ingezet kunnen worden als functionele BCI.

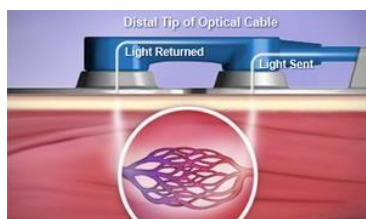


Fig. B.1 – fNIRS werking



Fig. B.2 – fMRI apparatuur

Fig. B.3 – MEG apparatuur

¹⁹ <http://wetenschap.infonu.nl/onderzoek/10872-de-gevaren-van-mri.html>

Appendix C – BCI Systeem

1. Elektrodes

Elektrodes hebben verschillende eigenschappen. Zo zijn er geoptimaliseerde afmetingen, materialen en bevestigingsmethodes. De diameter van een electrode bedraagt ongeveer 10mm maar ze kunnen variëren in grootte. Vaak zijn deze elektrodes gemaakt van een zeer goed geleidend materiaal zoals een Ag/AgCl (zilver) legering, goud of tin (**Fig.C.3**). Van belang is hoe de impedantie van het desbetreffende materiaal is (mate van tijd en frequentieafhankelijke weerstand van het materiaal) hoe lager de impedantie hoe betrouwbaarder het opgevangen signaal. Om voor goed contact te zorgen met de huid wordt vaak een zoutoplossing of een geleidende (conductive) gel aangebracht op de electrode zodat deze naadloos aansluit op de huid. Nieuwe ontwikkelingen hebben er voor gezorgd dat het mogelijk is goed contact te krijgen door de vorm van de electrode (het contact gedeelte) te veranderen (**Fig. C.1 & Fig.C.2**). Door een pinstructuur worden verschillende problemen getackelde. Zo kan gemakkelijk door haar heen contact worden gemaakt met de huid (Lopez-Gordo, Sanchez-Morillo & F. Pelayo Valle, 2014) dit wordt ook wel dry cap genoemd omdat hierbij het niet meer nodig is gebruik te maken van bijvoorbeeld een geleidende gel. Er bestaat ook nog een tak van elektrodes waarbij er op deze electrode zelf een versterking plaats vindt. Dit zijn zogeheten actieve elektrodes en leveren een schoner signaal op bij het optreden van artefacten ontstaan uit beweging van kabels en het hoofd dan eerder genoemde passieve elektrodes (g-tec,2010).



Fig.C.1 – g-tec vergulde elektrodes



Fig.C.2 – EPDM rubber combs

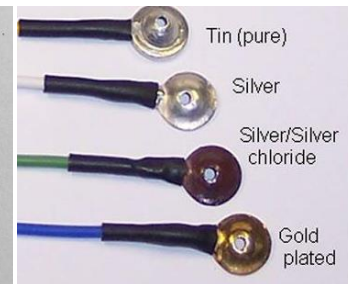


Fig.C.3 – mogelijke materialen elektrodes, Tin, zilver, zilverchloride, en verguld.

2. Electro Encefalogram (EEG)

Na analyse van de verschillende beschikbare technieken (**Appendix B**) is gebleken dat EEG de meeste kansen biedt om toegepast ingezet te kunnen worden. Door vele toepassing in neuropsychologische testsetting is er veel verschillende hersenactiviteit in kaart gebracht (Implementatie mogelijkheden hersenactiviteit, **HSST**). Deze activiteiten kunnen betrekking hebben tot statussen, het uitvoeren van cognitieve taken of spontane reacties op stimuli zijn (verrassing door stimuli of bijvoorbeeld waarneming van frequentie afhankelijke stimuli (pulsaties)). De karakteristieken waarin deze activiteiten zich toonbaar maken zijn gebonden aan tijd en locatie (**Fig.C.4**) van de meetpunten (spatial temporal). In tijd kunnen frequenties en amplitude variaties gekoppeld worden aan een betekenis. Dit zal hier verder worden uitgelegd.

EEG is het opvangen van elektrische potentiaal verschillen die veroorzaakt worden door hersenactiviteit. De spanningen die bij activiteit ontstaan, kunnen ongeveer 100 μ V zijn en zijn dus bijzonder klein. De verschillende frequenties die terug gevonden kunnen worden in hersenactiviteit is opgedeeld in verschillende frequentie banden.

Het spectrum van hersenactiviteit loopt tot ongeveer 80Hz. Aanwezigheid van verschillende gedeeltes van het spectrum in een signaal worden gecorreleerd aan mentale status zoals ontspanning aan Alpha golven en actieve concentratie aan Beta golven (**Fig.1.4**). Het spectrum is als volgt opgedeeld: Delta: tot 4Hz, Theta: 4-7Hz, Alpha: 7- 12Hz, Beta 12- 30Hz en Gamma 30Hz en hoger (tot ongeveer 80Hz).

Ruis

Een ander groot nadeel van EEG is dat zeer delicate elektrische potentialen worden gemeten. In vrijwel alle omgevingen is er sprake van achtergrond ruis. Dit is te danken aan bijvoorbeeld het lichtnet. De ruis die hier door ontstaat, heeft een frequentie van 60Hz (Europees lichtnet, 50Hz in US) waardoor deze frequentie als pure hersenactiviteit moeilijk te onderscheiden is. Niet alleen elektronische apparaten en componenten (zelfs de componenten die zorgen voor deze ruis reductie)zorgen voor verstoring maar ook de manier waarop de elektrodes verbonden zijn met de huid. Zo veroorzaakt slecht contact, wrijving wat vervolgens ruis oplevert. Ook zijn er lichaamsgeen artefacten waarbij het gaat om spieractiviteit (bv kniphoog) en huidgeleiding. Huidgeleiding uit zich vaak in lage frequenties maar kunnen grote spanningsverschillen veroorzaken.

Gezonde gebruikers

De mogelijkheden voor gezonde gebruikers lopen uiteen van het actief kunnen besturen tot het kunnen achterhalen van verschillende onbewuste processen zoals slaperigheid of activiteit (Jap, Lal, Fischer & Bekiaris, 2009). Op interface niveau kan dit betekenen dat gebruikers op een intuïtievare manier kunnen interacteren met apparaten en statussen en gedachten kunnen representeren en uitwisselen met andere gebruikers of dit als visuele/auditieve of tactiele feedback terug krijgen. EEG als interface wordt tegenwoordig veelal toegepaste voor gebruikers die of minder valide zijn of in therapeutische setting.

3. Verwerkingstechnieken

Voor het kunnen analyseren van het frequentiespectrum wordt een Fouriertransformatie uitgevoerd waarbij het signaal als functie wordt gezien en ontbonden wordt in een continue spectrum van frequenties (verplaatsing van tijd naar frequentie domein). Hierbij kunnen uitspraken worden gedaan over de aanwezigheid van bepaalde golven (**Fig.1.4**).

Het slecht kunnen achterhalen van de plaats van activiteit is een van de grotere nadelen van het gebruik van EEG. Doordat de bio elektrische stromingen door weefselen heen reizen vervaagt het signaal aan de oppervlakte van de huid waar dit wordt opgevangen. Om toch nog een duidelijker beeld te kunnen schetsen van de locatie van activiteit kan het verhogen van het aantal meetpunten nog een uitkomst bieden. Ook modellen waarbij rekening wordt gehouden met anatomische aspecten geven de mogelijkheid om de spatiale resolutie te verhogen (Srinivasan, 1999). In het verbeteren van deze spatiale resolutie worden Laplacetransformaties toegepast. Posities voor het meten van EEG zijn vastgelegd in het 10-20 systeem (**Fig.C.4**), dit zorgt voor een gemeenschappelijke basis voor het uitvoeren van onderzoek.

Na dat het signaal geoptimaliseerd is voor analyse kan de machine learning benadering worden toegepast. Het toepassen van 'feature extraction' na het uitmiddelen van de data kan een verdere trigger vormen voor het uit gaan voeren van gespecificeerde taken van het systeem. Bij 'feature extraction' wordt gekeken naar unieke patronen in het verwerkte signaal. Bij een grote overeenkomst in een toekomstig signaal kan deze conclusie worden verbonden dan het om het zelfde mentale proces gaat. er kunnen door op deze manier te werk te gaan verschillende fouten optreden. Zo kunnen 'false-positives' weergegeven dat een proces zich heeft voorgedaan terwijl dit niet het geval is en een false-negative in zekere zin het niet hebben herkend van het voorkomen van het desbetreffende proces.

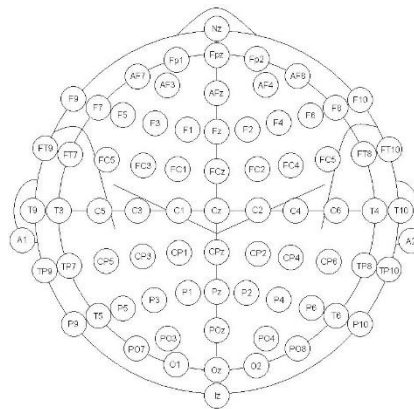


Fig.C.4 – 10-20 Systeem: een overzicht van gestandaardiseerde naam/ locatie van EEG meetpunten.

Toekomst

Een nieuwe manier om EEG metingen te verrichten is door te meten via het gehoor (Fig.C.5). Deze zogeheten Ear-eeeg zal minder last hebben van verschillende type artefacten veroorzaakt door spieractiviteit doordat de gehoorgang relatief weinig spierweefsel bevat. Ook zal plaatsing eenvoudiger zijn doordat het oor een klemmende werking kan uitoefenen.²⁰



Fig.C.5 – Ear-eeeg: Links oor-plug met elektrodes zichtbaar (grijze puntjes), rechts testopzet van Ear-eeeg in combinatie met on-scalp EEG (muts).

²⁰ http://cip2014.conwiz.dk/files/kidmosemandic_cip2014.pdf

Appendix D - Verschillende consumenten BCI

Er zijn verschillende consumenten BCI systemen op de markt die gebruik maken van EEG signalen. Enkele manieren op te werk te gaan met deze signalen is het plaatsen van losse elektrodes op de scalp, een headset (draadloos) of pluggen die in het oor geplaatst kunnen worden²¹. Bij veel verschillende consumenten BCI systemen is een developers platform onderdeel van het product. Hier zal kort naar verschillende verkrijgbare systemen gekeken worden en welke mogelijkheden deze kunnen bieden.

Emotiv EPOC producent: Emotiv Systems prijs: \$399 <https://emotiv.com/>

Deze headset is voornamelijk ontwikkeld voor onderzoek. Er is beschikking over onbewerkte eeg data door gebruik te maken van hun SDK en Testbench software (hiermee kan real-time signalen mee gevisualiseerd worden). De epoc heeft 14 eeg elektrodes en ook 2 additionele referentie sensoren. Via een dongle wordt connectie gemaakt met de computer. Het plaatsen van de elektrodes(voorbereiding) kan echter wel wat tijd in beslag nemen. De elektrodes zijn zo geplaatst dat het overeenkomt met 10-20 internationale locatie systeem zodat onderzoek gestandaardiseerd gedaan kan worden.

Emotiv Insight producent: Emotiv Lifescience prijs: \$299 <https://emotiv.com/>

Deze headset heeft 5 elektrodes en een extra 2 referentie sensoren (**Fig. D.4**). Ook communiceert het via bluetooth. Door 5 elektrodes is het mogelijk een betere resolutie/plaatsing van de signalen te verkrijgen. De insight heeft een gyroscoop, accelerometer en magnetometer. Door gebruik te maken van hydrofiele polymere sensoren is het niet nodig gebruik te maken van geleidende gels waardoor dit tijd en moeite scheelt tijdens de voorbereiding. Ook is er een SDK beschikbaar voor dit model. Dit model is pas verkrijgbaar april 2015.

MindWave producent: NeuroSky prijs: \$80/100/130 <http://store.neurosky.com/>

MindWave (Fig. D.3). Ontwikkeld Om je computer Te veranderen in je tutor, met veel verschillende apps gericht op leerlingen. Verschillende dingen die gemeten kunnen worden met deze headset is de onbewerkte data, aandacht en peinen. Online zijn developer tools te verkrijgen even als een visualisatie programma. Is alleen te verbinden met een computer. **MindWave mobile**: Brainwave Starter Kit. De toevoegingen zijn het kunnen verbinden met je smartphone en het verstrekken van veel onderzoeksmateriaal op het gebied van eeg. **MindWave mobile: MyndPlay Bundle**. Hierbij worden nog eens 5 extra apps aangeboden. Er zijn al veel verschillende apps beschikbaar voor deze headset. Door het gebruik maken van maar 1 electrode is de ruimtelijke resolutie lager dan andere modellen. De prijs van de MindWave in het algemeen is aanzienlijk lager maar heeft ook meer beperkingen.

Muse producent: InteraXon prijs: \$299 <http://www.choosemuse.com/>

In deze headset (**Fig. D.2**) zitten 7 elektrodes. Door de verdeling kan asymmetrie in de hersenhelften gemeten worden waardoor onderscheid te maken is in signalen die met deze asymmetrie te maken hebben zoals emotionele verbintenis. Dit systeem beschikt ook over een accelerometer waarmee hoofdbewegingen vastgelegd kunnen worden en kan communiceren via bluetooth. 5 Leds kunnen indicatie geven over de gebruiker. Deze insteekt van deze headset is het veranderen van je brein, voornamelijk op het gebied van stress en emotionele status. Feedback wordt verkregen via je smartphone of tablet. Ook Muse is geleverd met SDK. Bijgeleverde software is matlab compatible, geeft een visualisatie van real-time activiteit, en een tool waarmee sessies opgenomen en teruggespeeld kunnen worden.

MyndPlay BrainBand producent: MyndPlay prijs: \$300 <http://www.myndplay.com/>

BrainBandXL & MyndPlay Pro Bundle maakt gebruik van 1 electrode en wordt geleverd met MyndPlay Pro Tools en 3 verschillende apps. Deze band is vooral gericht op het comfort. Hierdoor zou het prettiger zijn gedurende een langere tijd deze band te dragen. Neurosky algoritmes worden aangeboden waardoor verschillende applicaties bestuurd kunnen worden. Binnenkort wordt een community opgebouwd waar gebruikers en ontwikkelaars aan kunnen gaan deelnemen.

OpenBCI producent: OpenBCI project prijs: \$399 <http://www.openbci.com/>

Open BCI staat voor opensource brain-computer-interface. Wat dit board doet is het omzetten van analoge naar digitale signalen. Zo kunnen er elektrodes op aangesloten worden maar kan ook spieractiviteit en hartslag gemeten/verwerkt worden. De gedachte achter dit product is, is dat innovatie en ontdekkingen niet alleen door de gespecialiseerde gedaan wordt. Er is dan ook een community verbonden aan dit product waar artikelen, voorbeelden en projecten gedeeld worden. er zijn 2 versies verkrijgbaar, de eerste versie is compatible met Arduino waardoor hardware zelf gemakkelijk aan te passen is. Het board (**Fig. D.1**) kan draadloos communiceren met een computer via een programmeerbare usb dongle. Zowel actieve als passieve elektrodes kunnen hier op aangesloten worden. De 2^e versie is compatible met chipkit en is geschikt voor gevorderde programmeurs. Deze versie heeft wel meer verwerkingssnelheid en lokaal geheugen.

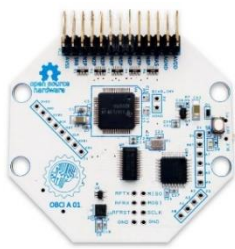


Fig. D.1 – Open BCI board



Fig. D.2 - Muse headset



Fig. D.3 Mindwave headset



Fig. D.4 – Emotiv Insight

²¹ http://www.envitec.com/en/products/portfolio/medical-products/ohrsensor_es_3222_12_bci_ART_06-00-0585.html

Appendix E – Emotiv Epoc exploratie

Verschillende programma's zijn bijgeleverd bij dit product. Deze zullen kort beschreven worden.

Control panel In het control panel is het mogelijk de juistheid van de plaatsing van de elektrodes te achterhalen (**Fig. E.1**). Ook kunnen hier verschillende kalibratiesessies worden uitgevoerd. Verschillende statussen kunnen automatisch worden herkend. Het gaat hier om engagement/borderdom, frustratie, meditation, instantaneus excitement, long term excitement en long term engagement/borderdom. Verder kunnen de facial expressions van knipogen, wenkbrauw positie en lach worden gedetecteerd.

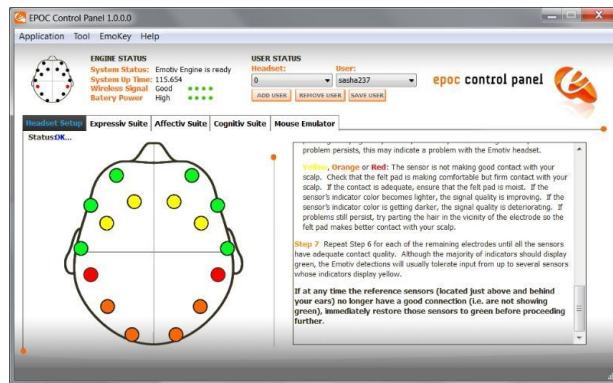


Fig. E.1 – Epoc Control panel overzicht

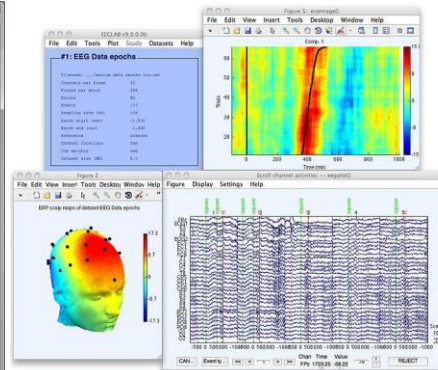


Fig. E.2 – Mogelijkheden EEGLAB

emoKeys Met emoKeys kunnen de verschillende statussen/facial expressions of statussen aangeleerd door het systeem met behulp van de kalibratiesessies gekoppeld worden aan een systeem output. Dit betekent dat een key of key-combinatie die staat voor een bepaald commando in een specifiek programma vervangen kan worden door zelf te kiezen acties/actie-combinaties.

emoCoposer Met de emoCoposer is het mogelijk verschillende statussen te simuleren om zo zonder gebruik te maken van de daadwerkelijke headset testen uit te kunnen voeren. Dit kan op een interactieve manier of met behulp van een geschreven script waarin gebeurtenis in verloop van tijd gedefinieerd zijn.

Mind your OSCs Met behulp van Mind your OSCs kunnen de verschillende statussen als een open-sound-control signaal worden doorgestuurd. Dit is een communicatie protocol dat door verschillende programma's en multimedia apparaten gebruikt kan worden. Hiermee kunnen zelfgeschreven programma's gemakkelijk gebruik maken van statussen/activiteiten die vanuit de headset worden doorgestuurd.

Data Analyse/Toepassingsmogelijkheden

Testbench Emotiv levert als uitbreiding Testbench waarin de verschillende signalen (kanalen) gevisualiseerd worden. Hier kan de onbewerkte data worden opgeslagen als een EDF of CSV file. Ook kunnen er markers aan de data worden toegevoegd wat van pas kan komen tijdens het onderzoeken van reacties op specifieke gebeurtenissen.

EEGLab voor matlab EEGLab is een analysetool voor het verwerken van EEG signalen (**Fig. E.2**). Met behulp van EEGLab kunnen visualisaties gemaakt worden van onder andere spatiale gebeurtenissen. Hierbij kan een dataset worden ingeladen (zoals bijvoorbeeld een bestand uit Testbench om hier vervolgens op door te gaan analyseren, dit leverde echter nog veel complicaties op).

Importeren in matlab Tijdens het importeren van de data in matlab traden enkele complicaties op. Zo is de door Matworks gepubliceerde toolbox²² voor de Emotiv headset niet compatible met de Emotiv Education Edition SDK v2.0.0.20.

Stimulink Met behulp van Stimulink EEG importer (een extra hulp programma) is het ook mogelijk direct real-time data te importeren in matlab. Dit programma is via Emotiv te verkrijgen voor 40 dollar.

Processing Processing is een gratis programmeer omgeving (Java) waarin het OSC signaal real-time kan worden uitgelezen. Op deze manier is het mogelijk gemakkelijk een output te koppelen aan verschillende signalen vanuit de gebruiker. Zo is het mogelijk visualisaties te maken en kan er vanuit deze omgeving ook worden gecommuniceerd met onder andere Arduino modules.

Test

Deze headset (**Fig.E.3**) is afkomstig uit 2010 en heeft 14 elektrodes met daarbij nog 2 referentie punten. Dit model kost 400 dollar, er wordt nog eens 300 dollar extra gerekend voor het kunnen achterhalen van onbewerkte signalen. De data wordt versleuteld en via een low-energy bluetooth module verstuurd naar de computer. Deze headset maakt gebruik van kussentjes die bevochtigd moeten worden met behulp van een steriele zoutoplossing. De positie van de elektrodes komt overeen met posities vanuit het 20-10 systeem waardoor deze headset ook als wetenschappelijke analysetool ingezet kan worden. De elektrodes in deze headset zijn verguld²³.

²² <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36111-emotiveeg-headset-toolbox>

²³ <https://peerj.com/articles/38/>



Fig.E.3 – Emotiv Epoc Headset

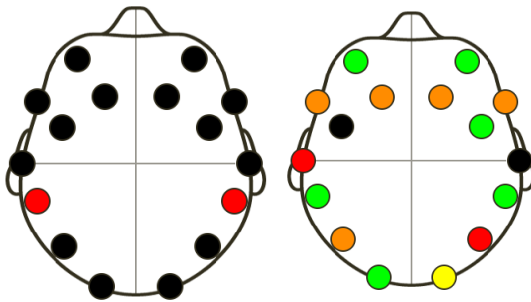


Fig. E.4 – Kwaliteit van het contact van de elektrodes

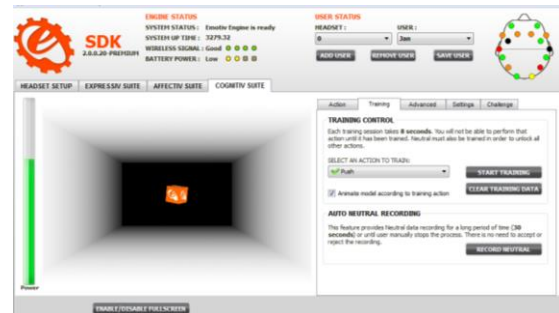


Fig. E.5 – Training van een push

Het eerste signaal wat binnen kwam was verre van het gewenste. Na het op zijn plaats drukken en manoeuvreren van de elektrodes was het resultaat beter. Nog lang niet alle sensors hadden een goede verbinding maar een eerste test kon al gedaan worden (kussentjes moeten hiervoor wat langer bevochtigd worden. Na het goed plaatsen was het beeld zoals op afbeelding links is te zien.

Gebruiker leren kennen

Sommige functies waren met deze signalen al enigszins toe te passen. Verschillende gezichtsuitdrukkingen als mentale sturing kunnen al helder in kaart worden gebracht. In het control panel worden deze verschillende signalen gevisualiseerd. Hier kunnen verschillende gebruikers de mogelijkheid hebben verschillende mentale taken te trainen. Elke trainingssessie wordt opgeslagen waarmee naar verloop van tijd de actie zoals bijvoorbeeld denkbeeldig een virtueel object weg duwen steeds soepeler gaat. Elke trainingssessie duurt 8 seconden. Behalve voor de neutrale training waarbij het de bedoeling is aan niets te denken, deze training kost 30 seconden. 4 trainingssessies zijn gedaan waarvan 1 de neutrale training was. In totaal kostte dit ongeveer 4 minuten.

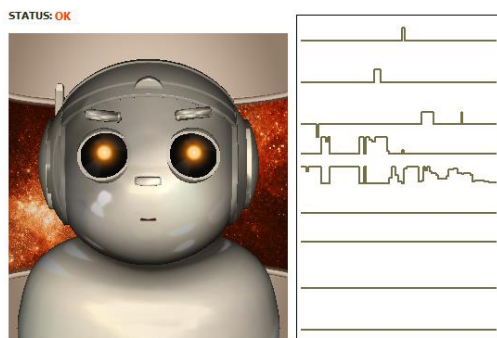


Fig. E.6 – Herkenning van gezichtsuitdrukkingen

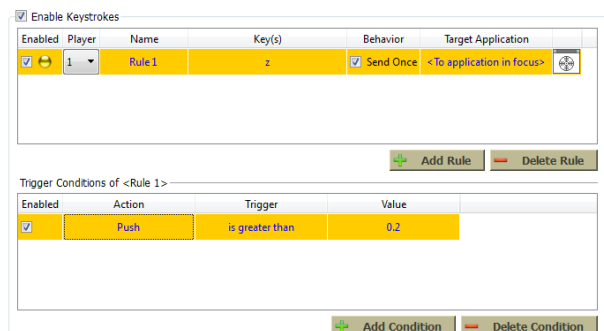


Fig. E.7 – EmoKeys, koppeling tussen detectie en output

Implementatie van de activiteit

Met het onderdeel EmoKeys bijgeleverd bij de SDK kunnen de verschillende mentale taken/statussen en gezichtsuitdrukkingen gekoppeld worden aan een key/mouse output. voor een eerste implementatie om een beeld te krijgen van de mogelijkheden is de actie wegduwen gekoppeld aan de snel toets voor uitzoomen in Solidworks (z). Door denkbeeldig het virtuele 3d model weg te duwen wordt er stapsgewijs uitgezoomd op het model. De eerste test leverde nog niet direct het gewenste resultaat op. Het duurde af en toe wat langer om de mindset van push vast te houden of op een bepaald niveau te krijgen. Dit zal mede verbeteren als er meerdere trainingssessies zullen worden gehouden en er een perfecte connectie is van sensor en huid.

Appendix F - Idee schetsen BCI toepassing

emotie

Four Position: \uparrow worst, \downarrow happy, \circ sad, \circ satisfaction

valence (negative, positive value)

motivate \uparrow steegste, \downarrow stimuleer, \downarrow motiveer

do nothing, activeer

Los koppeling, Klei als materiaal, Feedback, multis \rightarrow positie overcompositie

game, Voorbereiding of nu losser, Urke to Create, Context, originaliteit, engagement, \uparrow timer, \uparrow Homeer, eigen (geel)

stop

Reimage, good feeling of sixteen phases

filter: 0, 555, 200 Hz

Continue this phases

iterations

audio guidens / activiteit meten. Praten / hier alleen zijn. als actie onverwachts is \rightarrow dip onverwachtstideld

elke kneding / activiteit geeft een extra audio \rightarrow translike mood creatie.

3D scanner, positie meter

Handen dragen opvangen

suggesties

emotion, naar vorm

ideation

kleur, intensiteit, geluid, virtueel, aanpassing, interactie, ultraaan, eaz.

grabbelen, waken \rightarrow opwindig? ja, verder, Hieree.

3D Bezig Blijven.

dynamiek in vorm / geluid.

Feedback: share insteek, overnemen discussie

generatie / dij opwindig

zien / Blik via emotie, capture positief, bezig met kneden.

specifieke sensor, unikele clamp stage, cuppen \rightarrow h=

amplified sensor, specifiek per actie, wat

sensor, Veranderling, processing

thinking, emotion, positive, negative, breathing

3D scanner, positie meter

Handen dragen opvangen

suggesties

kleur, intensiteit, geluid, virtueel, aanpassing, interactie, ultraaan, eaz.

grabbelen, waken \rightarrow opwindig? ja, verder, Hieree.

3D Bezig Blijven.

dynamiek in vorm / geluid.

Feedback: share insteek, overnemen discussie

generatie / dij opwindig

zien / Blik via emotie, capture positief, bezig met kneden.

specifieke sensor, unikele clamp stage, cuppen \rightarrow h=

amplified sensor, specifiek per actie, wat

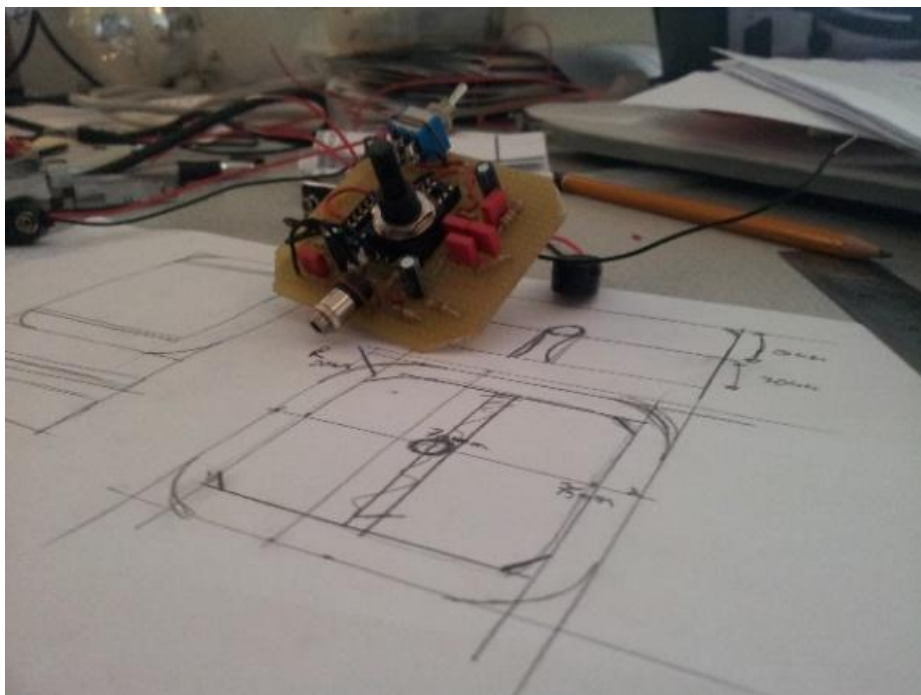
sensor, Veranderling, processing

thinking, emotion, positive, negative, breathing

Appendix G – Onderdelenlijst prototype 1

Costs (€)

Chips	1x Instrumentation Amplifier - AD620AN	11,30	
	1x Quad Op-Amp - TL084CN	1,10	
Capacitors	1x 10 nF, ceramic	0,30	
	5x 220nF, tantalum	1,50	
	1x 1uF, electrolytic	0,30	
	2x 10uF, electrolytic	0,60	
Resistors	1x 1k Ω Potentiometer	1,50	
	2x 12 Ω	0,02	
	1x 220 Ω	0,01	
	1x 560 Ω	0,01	
	2x 22k Ω	0,02	
	1x 47k Ω	0,01	
	1x 100k Ω	0,01	
	1x 220k Ω	0,01	
	2x 270k Ω	0,02	
	1x 1M Ω	0,01	
	Other parts	1x 3.5mm jack output	0,55
		1x 3.5mm jack cable	1,10
1x dual switch (rocker)		0,35	
2x 9V battery		4,62	
2x 9V battery holder		0,40	
1x Ground clip		-	
2x Emotiv epoc electrode		-	
1x PCB (dimensions 85mm x 80mm)		1,80	
1x elastic band (60cm)		1,20	
1x knot		-	
1x insulation plastic shell		-	
1x rigid foam case		-	
2x IC Foot (14 pins)		0,16	
1x IC Foot (8 pins)		0,05	
	Total:	€ 26, 95	
Other tools	Soft-core wires, Solder, Solder iron, wire cutter & wire tool.		



Appendix H - Onderdelenlijst prototype 2

		Costs (€)
Chip	1x Instrumentation Amplifier - AD620AN	11,30
Resistor	1x 540Ω	0,05
Other parts	1x 3.5mm jack output	0,55
	1x 3.5mm jack cable	1,10
	2x 3V battery	0,50
	2x 3V battery holder	3,30
	1x Ground clip	0,01
	2x Emotiv epc electrode	-
	1x PCB (dimensions 55mm x 35mm)	0,45
	1x elastic band (60cm)	1,20
	1x IC Foot (8 pins)	0,35
	1x Audio transmitter & receiver	30,00
Extended	2x 4mm banana plug	2,80
	2x 4mm ECG press stud adapter	10,90
	25x Adhesive ECG electrodes, foam	8,95
	Total:	€ 18,81
	<i>Wireless</i>	€ 48,81
	<i>Extended:</i>	€ 61,43
		(€ 0,87 extra per use)

Appendix I – Programma Vol1

```
import java.awt.AWTException;
import java.awt.Robot;
import ddf.minim.*;
Minim minim;
AudioInput in;
KeystrokeSimulator keySim;

void setup(){
  size(400, 200, P3D);
  keySim = new KeystrokeSimulator();
  minim = new Minim(this);
  minim.debugOn();
  in = minim.getLineIn(Minim.STEREO, 400);
}

void draw(){
  try{
    keySim.simulate('8');
  }
  catch(AWTException e){
    println(e);
  }
}

import java.awt.Robot;
import java.awt.AWTException;
public class KeystrokeSimulator {
  private Robot robot;
```

```
KeystrokeSimulator(){
  try{
    robot = new Robot();
  }
  catch(AWTException e){
    println(e);
  }
}

public int a;

void simulate(char c) throws AWTException {

  for(int i = 0; i < in.bufferSize() - 1; i++)
  {
    if(in.left.get(i)>0.8){
      println(in.left.get(i));
      a++;
      clear();
      text("Klicks = " + a, 170, 100);
      robot.keyPress(BACKSPACE);
      robot.keyRelease (BACKSPACE);
      robot.delay(800);
    }
  }
}

void stop()
{
  in.close();
  minim.stop();
  super.stop();
}
```


Appendix J – Programma Vis1

```
import ddf.minim.*;
import ddf.minim.analysis.*;

Minim minim;
AudioPlayer player;
AudioMetaData meta;
BeatDetect beat;
int r = 200;
float rad = 70;
AudioInput in;

void setup()
{
  size(displayWidth, displayHeight);
  //size(600, 400);
  minim = new Minim(this);
  minim.debugOn();
  in = minim.getLineIn(Minim.STEREO, 1280);
  player = minim.loadFile("bla.mp3");
  meta = player.getMetaData();
  beat = new BeatDetect();
  player.loop();
  //player.play();
  // background(-1);
  noCursor();
}

void draw()
{
  float t = map(mouseX, 0, width, 0, 1);
  beat.detect(in.mix);
  fill(#1A1F18, 20);
  noStroke();
  rect(0, 0, width, height);
  translate(width/2, height/2);
  noFill();
  fill(-1, 10);
  if (beat.isOnset()) rad = rad*0.9;
  else rad = 70;
  ellipse(0, 0, 2*rad, 2*rad);
  stroke(-1, 50);
  int bsize = in.bufferSize();
  for (int i = 0; i < bsize - 1; i+=5)
  {
    float x = (r)*cos(i*2*PI/bsize);
    float y = (r)*sin(i*2*PI/bsize);
    float x2 = (r + in.right.get(i)*100)*cos(i*2*PI/bsize);
    float y2 = (r + in.right.get(i)*100)*sin(i*2*PI/bsize);
    line(x, y, x2, y2);
  }
  beginShape();
  noFill();
  stroke(-1, 50);
  for (int i = 0; i < bsize; i+=30)
  {
    float x2 = (r + in.right.get(i)*100)*cos(i*2*PI/bsize);
    float y2 = (r + in.right.get(i)*100)*sin(i*2*PI/bsize);
    vertex(x2, y2);
    pushStyle();
    stroke(-1);
    strokeWeight(2);
    point(x2, y2);
    popStyle();
  }
  endShape();
  if (flag) showMeta();
}

void showMeta() {
  int time = meta.length();
  textSize(50);
  textAlign(CENTER);
  text( (int)(time/1000-millis()/1000)/60 + ":" + (time/1000-
millis()/1000)%60, -7, 21);
}

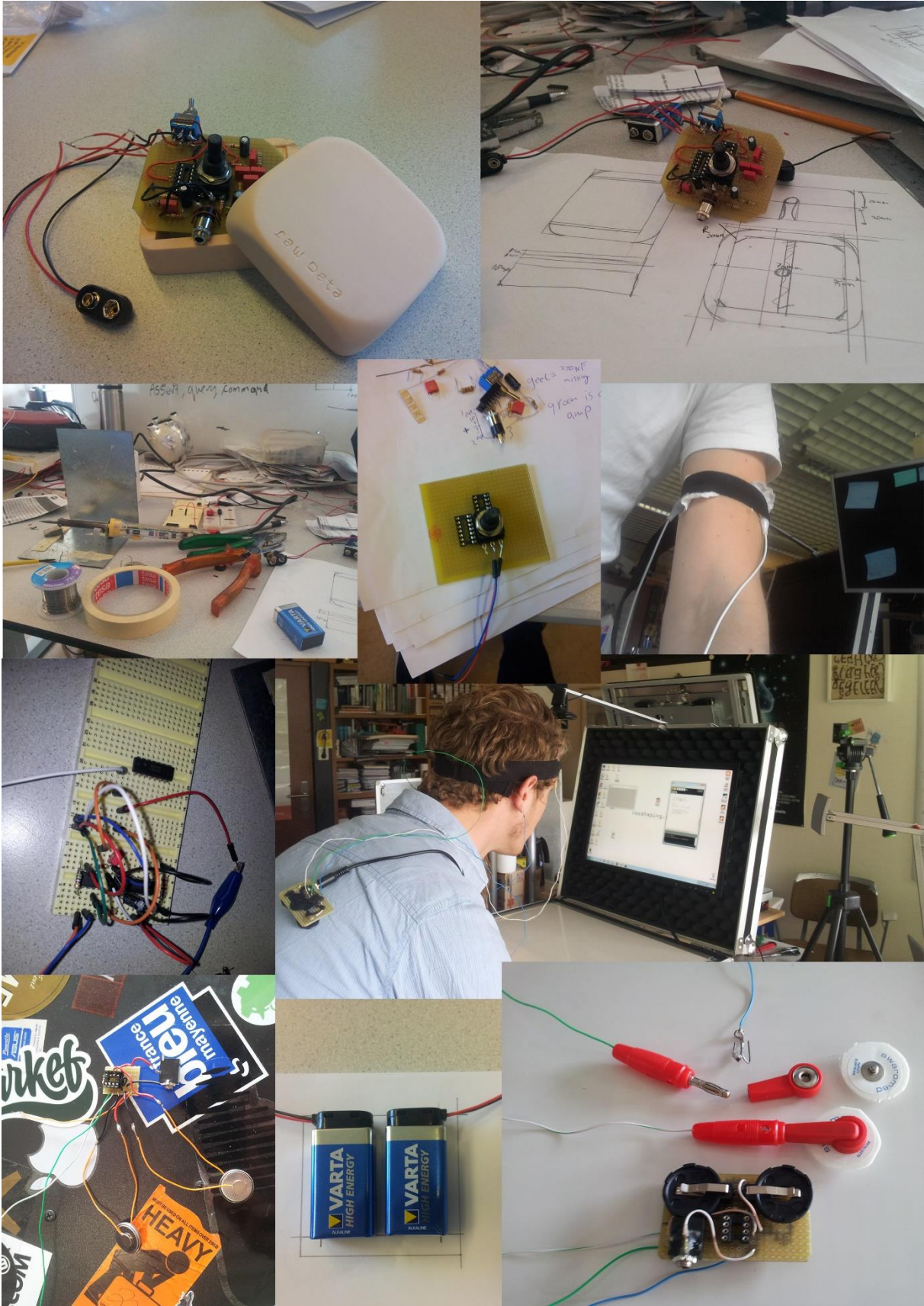
boolean flag =false;
void mousePressed() {
  if (dist(mouseX, mouseY, width/2, height/2)<150) flag =!flag;
}

//
boolean sketchFullScreen() {
  return true;
}

void keyPressed() {
  if(key==' ')exit();
  if(key=='s')saveFrame("###.jpeg");
}

void stop()
{
  minim.stop();
  in.close();
  super.stop();
}
```

Appendix K – Proces visualisatie



Appendix L – Testvoorbereiding en resultaten

Benodigheden test

- LFDS** -Voor het uitvoeren van de opdracht door de testpersoon.
- Goldwave** - voor opname van de gedetecteerde activiteit.
- Processing** - Voor uitvoeren en kunnen aanpassen van het te gebruiken programma.
- Programma vol1** - Events worden uitgevoerd (capture ,back-space toets) en bijgehouden.
- Klei en andere artefacten** - Voor het kunnen visualiseren van ideeën.
- Camera** - Voor het vastleggen van de gebruikersinteractie.
- Prototype 2** (interactief) - Voor het tot stand brengen van de interactie.
- 6 minuten dynamische muziek**- Voor het begeleiden van de gebruiker tijdens het ontwerpproces.
- Speaker** - Voor het af spelen van de dynamische muziek.

Vorbereiding prototype

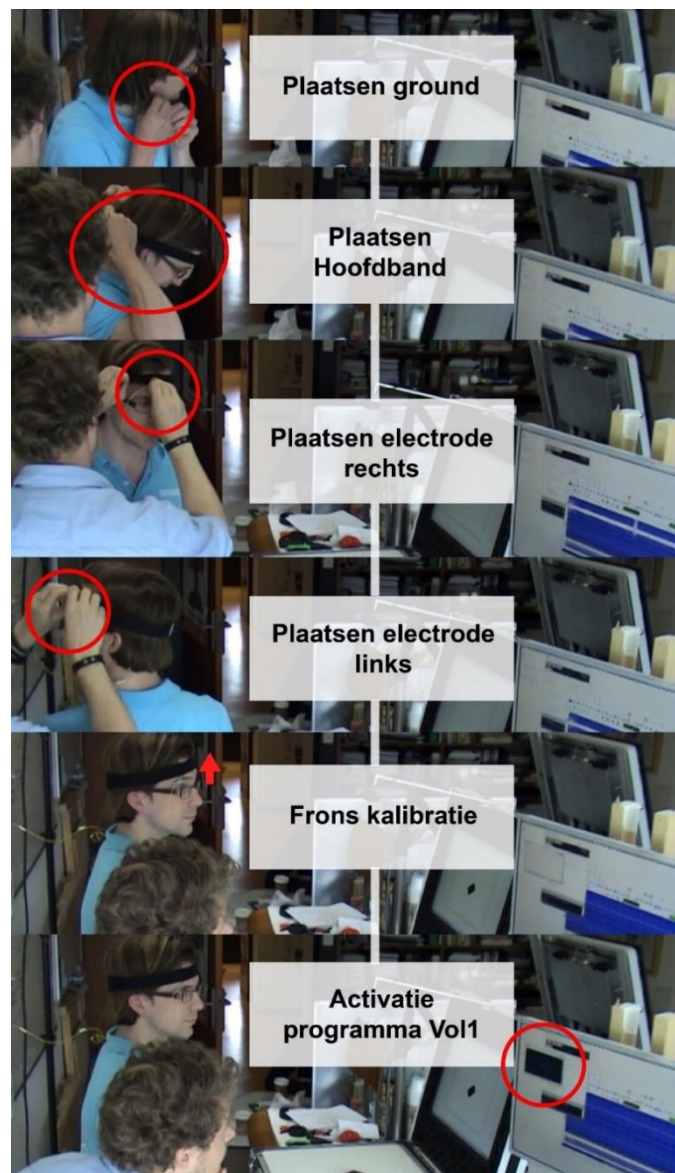


Fig. L.1 – Plaatsing/kalibratie procedure test

Prototype

Werd de actie goed uitgevoerd door het prototype?

.....
.....

Welk cijfer geef je het comfort?

Wat zou hier aan kunnen verbeteren?.....

.....
.....

Was deze interactie mogelijkheid handig, waarom?.....

.....
.....

Hoe zou je deze interface zelf inzetten?

.....
.....

Was het leuk om te gebruiken?

.....
.....

Zou je het vaker gebruiken, waarom?

.....
.....

Welke lichaamssignalen zou jij willen inzetten als input voor een computer?

.....
.....

Muziek

Hoe ervoer je de muziek? Erg aanwezig/niet aanwezig)

.....
.....

Was het duidelijk of je moest opschieten?

.....
.....

Hielp het je actief bezig te blijven?

.....
.....

Was het prettig tijdens het bedenken van ideeën, waarom?

.....
.....

liet je, je beïnvloeden door de muziek?

.....
.....

Overige opmerkingen.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

Gemiddelde kalibratie threshold niveau: 0,52. Na het opstarten schommelde de waarden bij de eerste 2 testpersonen, ook na een ingelaste pauze. Hierna werd echter een consistent signaalsterkte gemeten tussen verschillende subjecten.

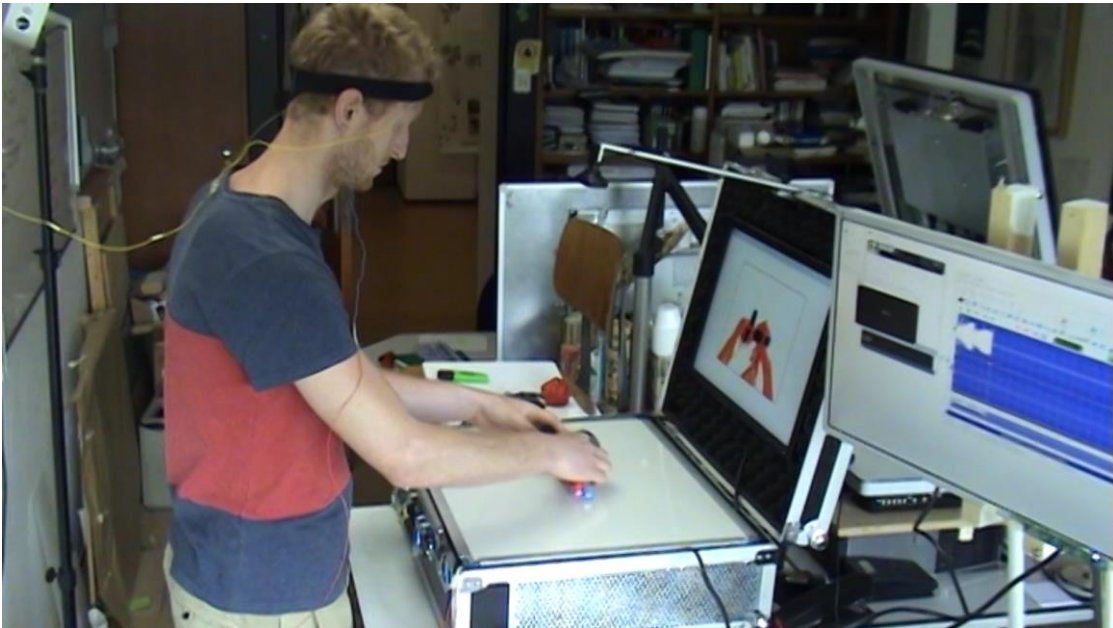


Fig. L.2 – Afname test, links gebruiker/machine interactie, rechts monitor voor signaal analyse uitgevoerd door observator.

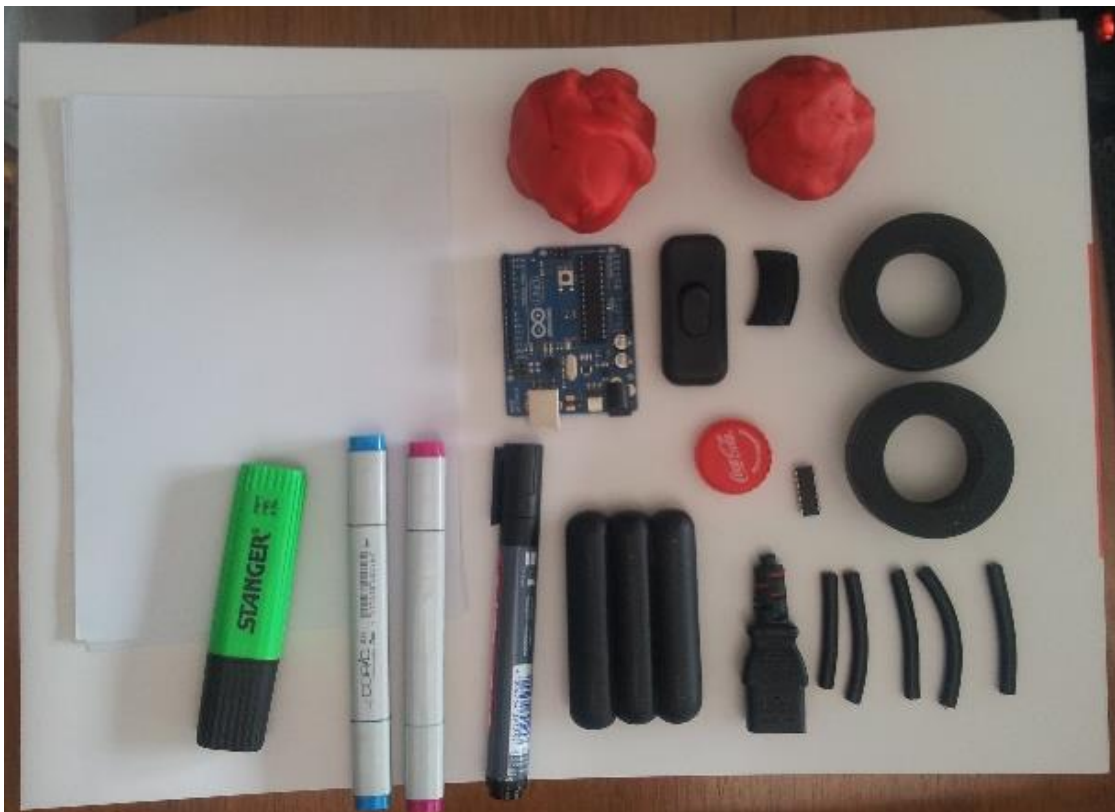


Fig. L.3 – De toolbox, materialen waarmee visualisaties gemaakt kunnen worden



Fig. L.4 – De fysieke testopstelling. Te zien is hoe de toolbox naast de LFDS geplaatst is.

Antwoorden vragenlijst

Success rate prototype: 50% antwoorde dat het prototype de actie goed uitvoerde. 43% antwoorde positief maar niet volledig naar wensen zoals bijvoorbeeld hard moeten fronsen, te snelle reactie (tijd tussen frons en foto maken), verstoring door processen zoals lachen en peinzen, false positives door vooroverbuigen en onbekende redenen, gevoelig voor kleine bewegingen en af en toe vaker moeten fronsen dan 1 keer voor het maken van een foto. 7% antwoorde nee om volgende redenen: er werden veel onbedoelde foto's gemaakt.

Gemiddelde cijfer met betrekking tot het comfort van het prototype: 6,4.

Verbetermogelijkheden: Enkele verbetermogelijkheden met betrekking tot het prototype en de interactie zijn naar voren gekomen zoals meer feedback verschaffen als een foto is gemaakt (voorbeeld een klik geluid), draadloos gebruik, en voornamelijk de sensoren op het voorhoofd werden als oncomfortabel gezien. Deze oefende te veel druk uit op het voorhoofd.

De interactie mogelijkheid: Reacties over de bruikbaarheid van de interactie waren onder andere dat dit handig is zodat ondertussen iets anders gedaan kan worden, het voelde na verloop van tijd intuïtief, weinig moeite te gebruiken en tegelijkertijd met je handen bezig kunnen zijn (vrijhouden van de handen). Verbeteringen kunnen nog plaatsvinden in het kunnen uitvoeren van diverse handelingen zoals subtiel of continue fronsen wat mogelijk verschillende acties kan opleveren.

Inzetbaarheid interface: Andere manieren om deze interface in te zetten zijn onder andere het kunnen zorgen voor gemakkelijkere interactiemogelijkheid met machines tijdens routine werk (fabrieken), inzetten tijdens het werken met handen in combinatie met vaak achter elkaar uit te voeren acties (bv. wisselen van vensters tijdens programmeren), Voor mensen die hun handen niet kunnen gebruiken, navigeren van muziek (volgende nummer), kunnen scrollen, Aantekeningen maken tijdens presentaties en Just for fun. Een minpunt voor het überhaupt niet inzetten van de interface is de manier waarop het gedragen moet worden. Het wordt ervaren als 'gedoe'.

Fun factor: Ieder subject vond het uitvoeren van de opdracht met behulp van het prototype een leuke ervaring. Een voetnoot hierbij is dat sommigen even door moesten krijgen hoe het precies werkte.

Vaker gebruiken: Bij de vraag of de gebruiker deze interface vaker zou willen gebruiken werden volgende antwoorden gegeven: Bij een beter comfort, Voor gebruik bij niet nauwkeurig werk, nee geen toepassing voor mij mogelijk en ja voor gemakkelijke toepassing(onserieus).

Andere mogelijke lichaamssignalen als interactie middel: Het signaal toegepast met een frons vonden mensen af en toe te dicht bij onbewuste actie liggen. Suggesties tot het gebruiken van andere lichaamssignalen waren onder andere signalen vanuit de handen, andere gezichtsuitdrukkingen, richting van kijken, bewegen van het hoofd (knikken), knippen met de ogen, gapen en het gebruik maken van voetbewegingen.

Resultaten, vragen over de muziek

De muziek werd in door 4 subjecten ervaren als neutraal, 1 vond het niet aanwezig en 2 vonden het erg aanwezig waarbij 1 subject stress ondervond van de muziek.

Duidelijkheid van de begeleiding tijdens het proces: 4 subjecten vonden dat het duidelijk was dat opgeschoten moest worden, echter was het soms niet duidelijk hoeveel tijd er nog over was. 2 subjecten vonden dit niet duidelijk waarbij uitgelegd werd dat een eigen tempo werd gevolgd of er sneller werd gewerkt dan de muziek aangaf. 1 subject was neutraal in deze stelling doordat het ontwerp vaak al eerder af was dan de muziek aangaf.

Hulp van muziek om actief bezig te blijven: 3 stonden hier neutraal in, 1 had niet het idee dat hierdoor activiteit gestimuleerd werd. De overige 3 subjecten hadden het idee dat ze gestimuleerd werden waarbij onder andere ervaren werd er minder werd nagedacht tijdens het plaatsen van objecten (direct reflecteren).

Aangenaamheid muziek tijdens proces: 2 waren hier neutraal in. 3 vonden het niet aangenaam doordat het een afleiding vormde, druk ervaren werd en moeite tot uiting van creativiteit werd ervaren. 2 vonden het wel aangenaam met als reden dat stilte een serieuzere sfeer zou creëren wat als drukkend ervaren kan worden.

Beïnvloeding door muziek: 4 subjecten menen niet beïnvloed te zijn door de muziek, 1 een beetje en 2 gaven aan beïnvloed te zijn door de muziek waarbij de muziek in geval van 1 subject als beïnvloeding van vormgeving werd genoemd (chaotisch).

Verschil in activiteit muziek/geen muziek

Het aantal captures gemaakt door subjects blootgesteld aan de muziek is 298 in een tijdsbestek van 41:55 minuten. Dit komt neer op 7,10 (7) interacties (fonsen) per minuut. Het totaal aantal iteraties was 28. Dit betekend 0,66 iteraties per minuut.

Het aantal captures gemaakt door subjects die niet blootgesteld zijn aan de muziek is 228 in 37:15 minuten. Dit komt neer op 6,12 (6) interacties (fonsen) per minuut. Het totaal aantal iteraties was 22. Dit betekend 0,59 iteraties per minuut.

De meest duidelijke verschillen (muziek/ geen muziek) die naar voren kwamen uit het analyseren van de video beelden hebben betrekking tot lichaamstaal en focus. Subjecten die begeleid werden hadden een taakgerichtere houding en waren algemeen actiever. Over het algemeen waren de subjecten zonder muziek na het maken van 3 ontwerpen niet meer gemotiveerd de totale tijd van 6 minuten vol te maken, terwijl veel subjecten met begeleiding deze tijd wel volledig hebben benut.

Cijfers

Aan de hand van video analyse en opgeslagen materiaal (de gemaakte ontwerpen) vanuit de LFDS zijn deze cijfers tot stand gekomen.

TP	Voorbereidings-tijd	Threshold niveau	Cijfer comfort	Ontwerp 1		Ontwerp 2		Ontwerp 3		Ontwerp 4	
				Tijd	aantal Captures	Tijd	aantal Captures	Tijd	aantal Captures	Tijd	aantal Captures
1	2:34	0,8	6	1:25	8	1:45	12	2:05	8		
2	1:55	0,4	5	2:00	6	2:05	18	2:05	11		
3	2:01	0,3	6	1:45	7	0:55	7	1:55	11		
4	1:46	0,5	7	1:10	9	1:00	10	1:35	15	2:00	26
5	2:53	0,5	7	2:10	17	1:35	11	1:05	18		
6	1:52	0,5	7	1:15	13	0:45	6	1:30	11	2:40	23
7	2:09	0,5	7	1:55	18	1:50	14	1:50	22		
8	2:07	0,5	7	1:35	4	1:50	3	1:45	14	1:00	3
9	2:38	0,5	5	0:50	1	1:30	3	2:30	5	1:15	2
10	1:47	0,4	6	1:50	7	1:25	8	0:40	5	1:50	19
11	4:16	0,9	6	1:35	11	1:10	12	2:10	7		
12	1:46	0,5	6	2:00	7	2:05	12	1:40	11		
13	1:49	0,5	8	1:55	12	1:35	10	2:30	12		
14	2:08	0,5	7	1:20	13	1:10	8	1:15	15	0:30 *(5&6) 1:25 0:30	7 10 4

Tabel L.1 - Voorbereidingstijd, Threshold, cijfer comfort, Snelheid en captures per ontwerp per testpersoon (TP), groen gemarkeerd testpersonen had te maken met Audio Feedback.



Fig. L.5 – Testpersonen 1 t/m 10

Signaal en threshold per subject

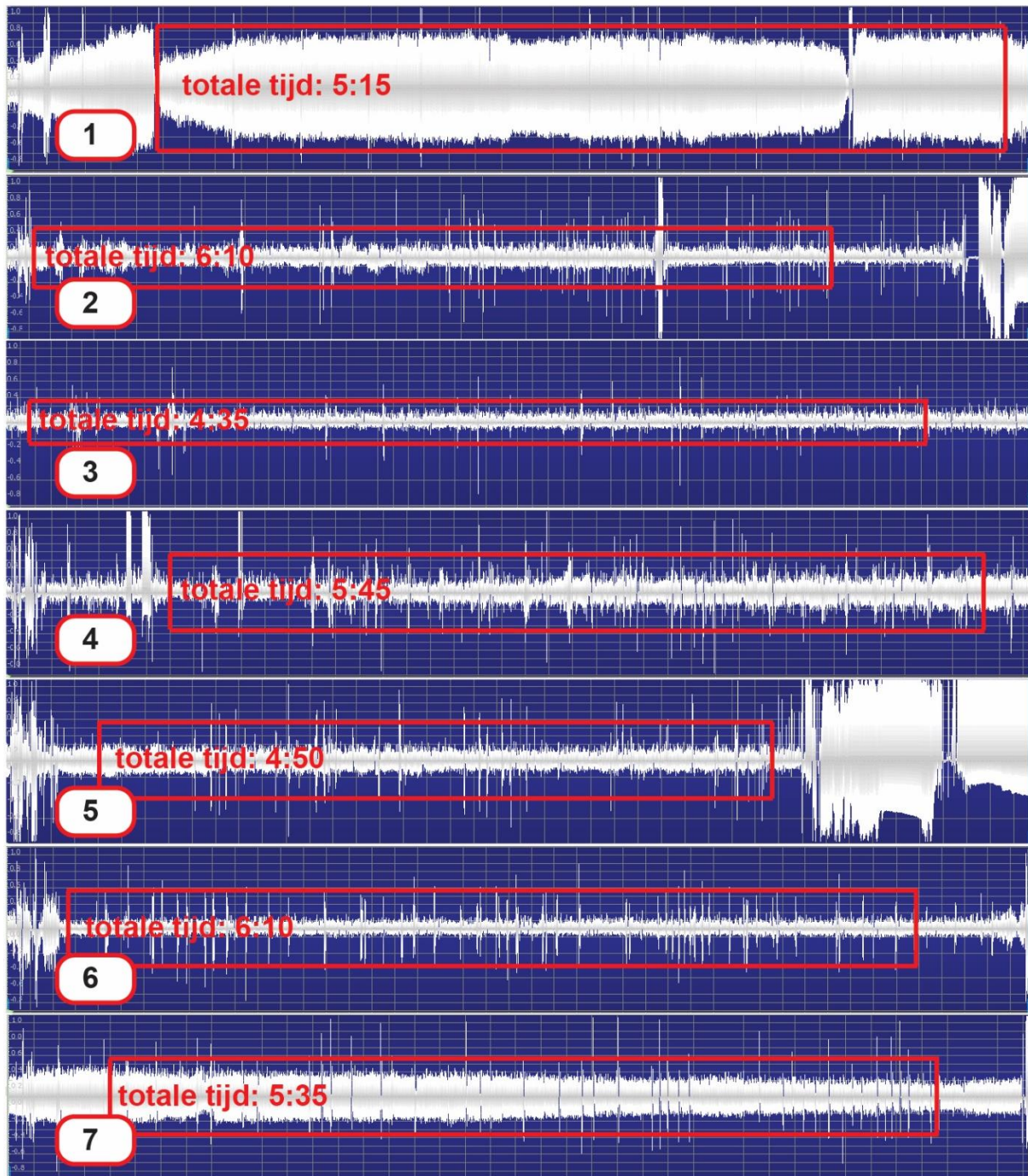


Fig. L.6 – Testpersonen 1 t/m 7, totale ontwerptijd van start tot eind met bijbehorende threshold.

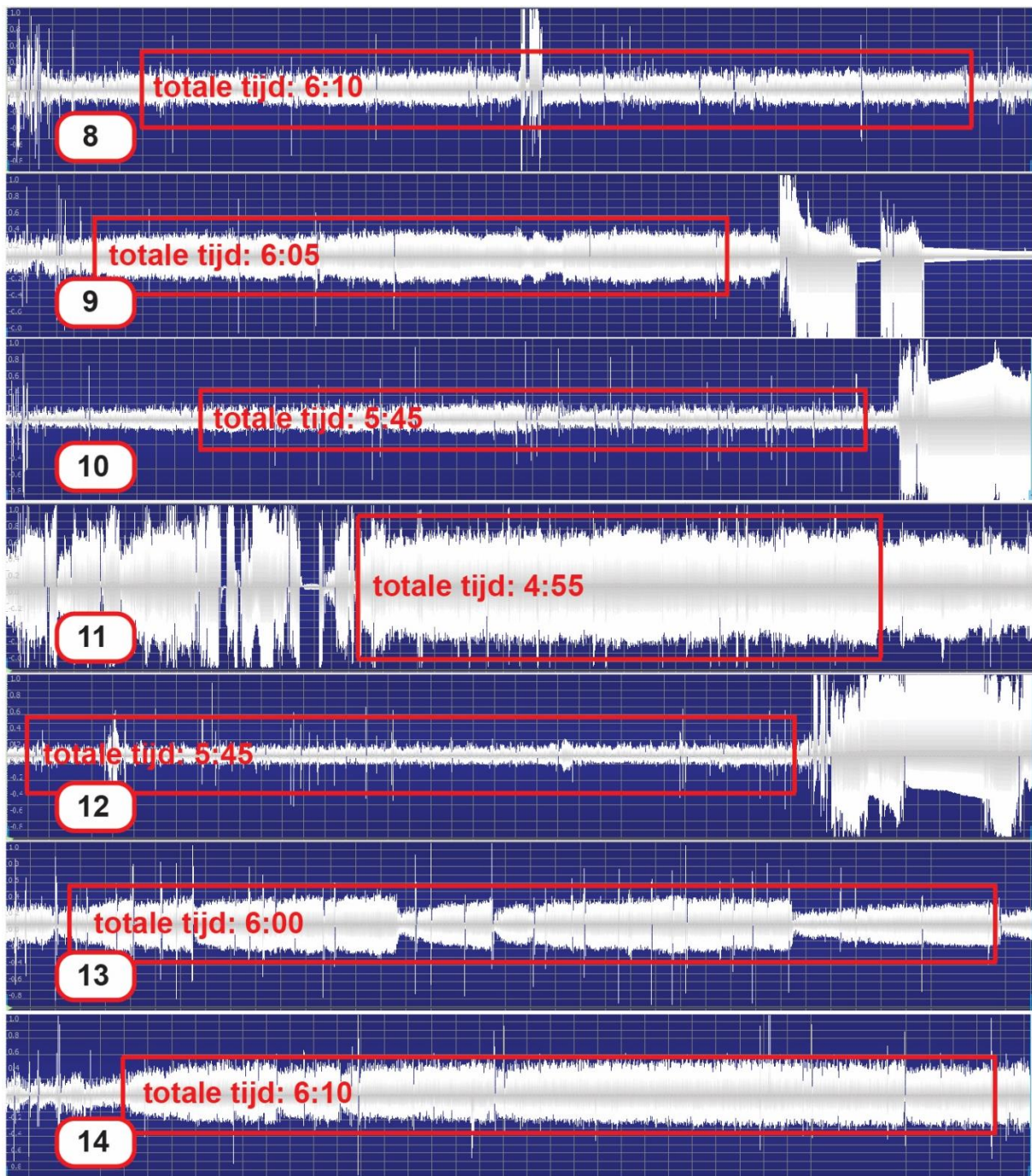


Fig. L.7 – Testpersonen 8 t/m 14, totale ontwerptijd van start tot eind met bijbehorende threshold.