

University of Groningen

Multichannel EEG Visualization

Caat, Michael ten

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2008

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Caat, M. T. (2008). *Multichannel EEG Visualization*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

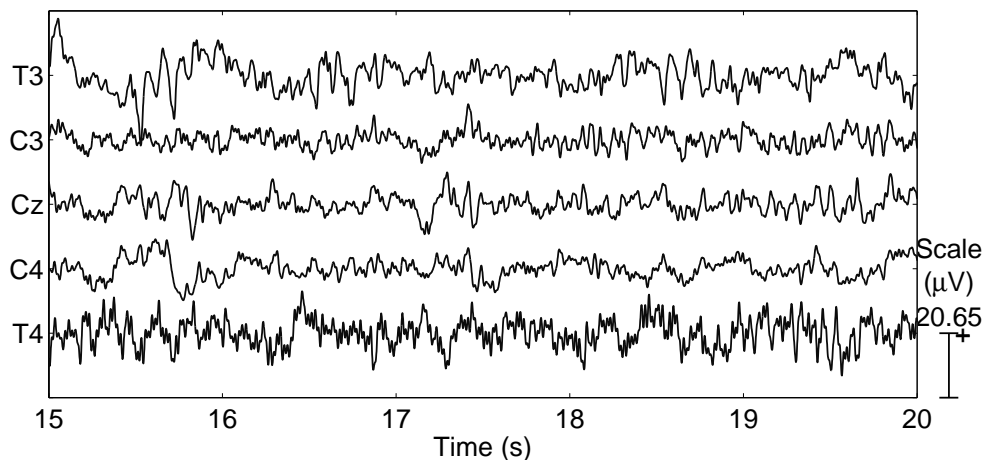
Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Multikanaals EEG-Visualisatie

Elektro-encefalografie (EEG) meet de elektrische hersenactiviteit door middel van elektroden op het hoofd. Multikanaals EEG verwijst naar een meting met een groot aantal elektroden. EEG heeft zowel klinische als wetenschappelijke toepassingen, onder andere op het gebied van neurologie, psychologie, farmacie, taalkunde en biologie. Bestaande visualisaties van multikanaals EEG data leveren niet altijd het gewenste inzicht op. Daarom presenteert dit onderzoek een tweetal nieuwe multikanaals EEG-visualisatiemethoden.

Een techniek die beelden vormt van hersenactiviteit wordt ook wel een functionele neuroimagingtechniek genoemd. EEG (Fig. 5.1) is de oudste functionele neuroimagingtechniek en bestaat sinds de jaren '20 van de vorige eeuw. Andere bekende technieken zijn magneto-encefalografie (MEG) en functionele magnetische resonantie imaging (fMRI). Hoewel de andere technieken recenter zijn ontwikkeld, wordt EEG nog steeds veelvuldig toegepast.



Figuur 5.1. Conventionele EEG representatie. Gemeten potentialen (in μV) als een functie van de tijd (in s), voor vijf elektroden (met labels T3, C3, Cz, C4, T4) gedurende een periode van vijf seconden.

Algemene achtergrondinformatie over EEG en visualisatie staat in hoofdstuk 1. Elektroden bevestigd op de hoofdhuid meten de gelijktijdige activiteit van grote aantallen neuronen (zenuwcellen). De positie van deze elektroden is belangrijk en is herkenbaar door middel van systematisch toegekende labels (T3, C3, Cz, etc.). Dankzij recente technologische ontwikkelingen is het mogelijk om EEG met meer elektroden en een grotere frequentie (bijvoorbeeld duizend

keer per seconde) te meten. De duur van een EEG-meting varieert van minuten tot uren. Het gemeten EEG laat ritmische activiteit zien. Computeranalysetechnieken bieden steeds meer mogelijkheden om deze activiteit te begrijpen. Dit proefschrift onderscheidt daarbij analyses in het tijdsdomein en in het frequentiedomein.

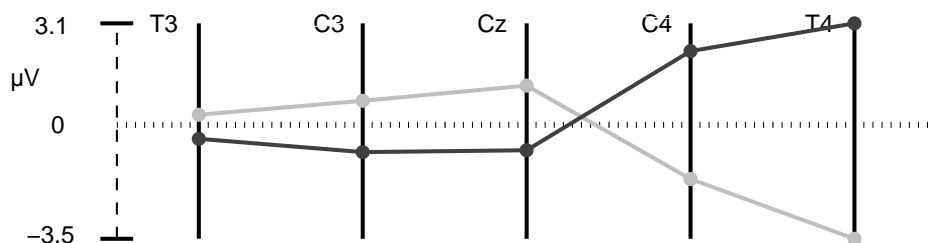
Tijdsdomein

Tijdsinformatie en ruimtelijke informatie zijn essentieel voor EEG-analyse. Bestaande tijdsdomeinvisualisaties kunnen de combinatie van een groot aantal tijdstappen met veel elektroden niet goed aan en reduceren daarom de ruimtelijke informatie (het aantal elektroden) of tijdsinformatie (het aantal tijdstappen).

Tegelsgewijze Parallele Coördinaten (TPC) Afbeelding

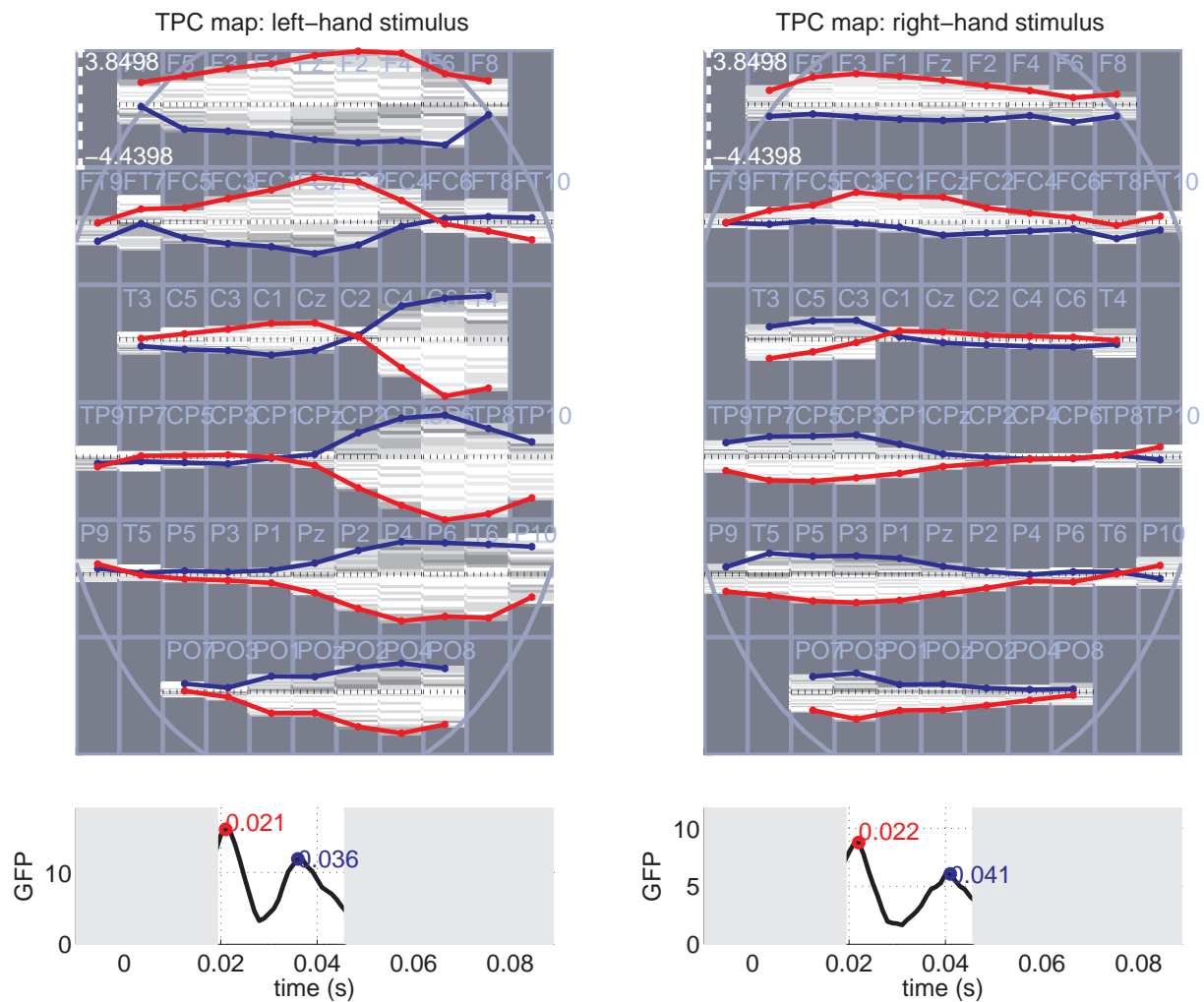
Dit proefschrift presenteert voor het tijdsdomein een nieuwe EEG-visualisatie gebaseerd op parallelle coördinaten (Fig. 5.2). Alle elektrodenposities en alle tijdstappen spelen een rol in deze visualisatie, in tegenstelling tot bij andere methoden.

In een traditionele parallelle coördinatenrepresentatie wordt iedere dimensie vertegenwoordigd door een verticale as. Hier komt elke dimensie overeen met een elektrode. Elke tijdstap correspondeert met een vector. Ieder element van een vector correspondeert met één potentiaal gemeten op één elektrode en wordt gepresenteerd door een stip. De stippen voor één vector worden verbonden door één polylijn. Het nadeel is dat in het geval van veel tijdstappen de aanwezigheid van een groot aantal polylijnen resulteert in visuele ruis.



Figuur 5.2. *Parallelle coördinatenrepresentatie van twee vijf-dimensionale vectoren die elk één tijdstap voorstellen. Elke vector correspondeert met één polylijn. De gegevens zijn gemeten met vijf elektroden (met labels T3, C3, Cz, C4 en T4).*

In de nieuwe visualisatie correspondeert iedere elektrode met een tegel (Engels: tile). De locatie van een tegel correspondeert met de positie van de corresponderende elektrode. Zo laat de tiled parallel coordinate (TPC) afbeelding een schematische twee-dimensionale verdeling van de tegels zien (Fig. 5.3). Een “minmax” grafiek visualiseert de minimale en maximale potentiaal per elektrode op de corresponderende tegel. Een dichtheidsafbeelding laat de verdeling van de andere potentialen tussen het minimum en maximum zien door middel van grijswaarden. Polylijnen tonen de potentialen voor specifieke tijdstappen. Door de kleur van deze polylijnen te koppelen aan een tijdsas wordt chronologische informatie behouden. Deze tijdsas laat de



Figuur 5.3. Tegelsgewijze parallelle coördinaten (TPC) afbeelding, bovenaanzicht van 58 elektroden (neus boven). Elke tegel komt overeen met een elektrode. Twee polylijnen corresponderen met twee geselecteerde tijdstappen. Deze zijn aangegeven op de tijdsas (onder) waarop de globale veldsterkte (GFP) afgebeeld. In de linker TPC-afbeelding is de maximale variatie te vinden aan de rechterzijde en de voorkant van het hoofd, in de rechter TPC-afbeelding aan de linkerzijde en de voorkant. Voor een kleurenversie, zie Fig. 2.11 (p. 27).

globale veldsterkte (GFP) zien, een maat voor de totale variatie van het EEG. Locale maxima die overeenkomen met grote variaties houden verband met grote veranderingen in hersenactiviteit en zijn daarom relevant.

Resultaten

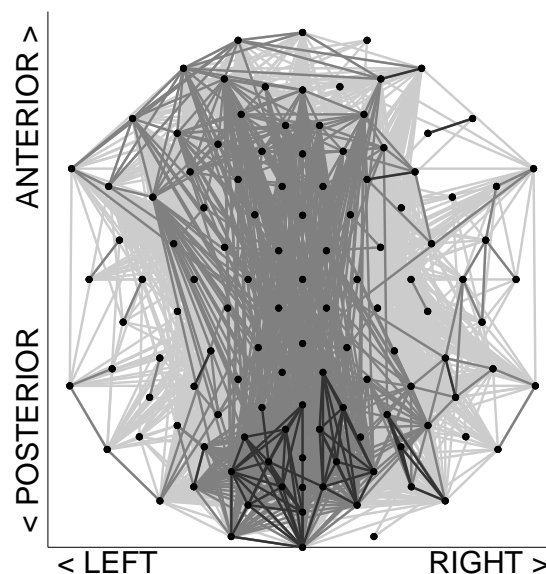
Tijdens een gebruikersevaluatie is de TPC-methode vergeleken met een standaardmethode (een bestaande klinische visualisatie voor multikanaals EEG). Deelnemers waren studenten, EEG-onderzoekers en klinici. De TPC-methode was voor dezelfde taak gemiddeld 40% sneller dan de

standaardmethode. Hoewel de TPC-methode één pagina gebruikte tegenover de vier pagina's die nodig waren voor de standaardmethode, leidde dit niet tot informatieverlies. De meningen over beide methoden waren in het algemeen even positief. Alleen wat betreft eenvoud waren de deelnemers duidelijk positiever over de TPC-methode. Voor de beoordeling van (links-rechts) symmetrie van EEG-activiteit werd de TPC-methode geschikter bevonden. Zowel de TPC-methode als de standaardmethode zouden volgens de deelnemers voordeel kunnen hebben van de mogelijkheid tot gebruikersinteractie.

Frequentiedomein

Naar algemeen wordt aangenomen is synchrone activiteit op verschillende locaties in de hersenen een indicatie is voor een functionele relatie tussen die locaties. Een maat voor deze synchroniteit is coherentie, die gezien kan worden als correlatie van twee EEG-signalen in het frequentiedomein. Visualisatie van coherentie in het frequentiedomein is het onderwerp van hoofdstuk 3 in dit proefschrift.

Een typische visualisatie van EEG-coherentie is een netwerk (of graaf). Een knoop (of vertex) representeert een elektrode en wordt weergegeven als een stip, een verbinding (zijde) representeert een significante coherentie en wordt weergegeven als een lijn (Fig. 5.4). Een nadeel hiervan



Figuur 5.4. Een coherentie-graaf. Knopen representeren elektroden, verbindingen representeren significante coherenties tussen elektrodesignalen. Een knoop wordt getoond als een stip, een verbinding als een lijn. Een verbinding is lichtgrijs als de coherentie significant is, middelgrijs als de coherentie tot de top 10% van de coherenties behoort en donkergrijs als de coherentie tot de top 1% behoort.

is de aanwezigheid van visuele ruis in de vorm van een groot aantal elkaar overlappende lijnen. Veel oplossingen om het aantal verbindingen te verminderen zijn hypothesegedreven. In dit proefschrift wordt een datagedreven alternatief voorgesteld door het begrip functionele eenheid

(Engels: FU = functional unit) in te voeren. Een FU is een ruimtelijke verbonden verzameling van elektroden waarbij voor elk paar elektroden uit deze verzameling onderling significant coherente activiteit gemeten is.

Functionele Eenheid (FU) Visualisatie

Dit proefschrift presenteert drie verschillende manieren om FU's te bepalen. De eerste manier leidt tot FU's die zo groot mogelijk zijn, omdat deze corresponderen met de sterkste EEG-activiteit. Deze manier is gedefinieerd als de standaard, maar het kan uren computertijd in beslag nemen om deze FU's te berekenen. Daarom zijn twee alternatieve methoden ontwikkeld. De eerste daarvan leidt tot FU's op vrijwel dezelfde locaties als de standaardmethode, maar deze zijn veelal kleiner dan de standaard-FU's. Het tweede alternatief voegt kleine FU's zoveel mogelijk samen tot grotere FU's. Op deze wijze worden FU's gevonden die sterk overeenkomen met de standaard-FU's, maar dan tot wel 100.000 maal sneller dan de standaardmethode voor een typische multikanaals EEG-meting met 128 elektroden. Daarom is de tweede alternatieve methode gebruikt voor de verdere analyse.

Vervolgens is een op FU's gebaseerde visualisatiemethode ontwikkeld die bestaat uit een techniek voor individuele metingen en een techniek voor groepsmetingen. Deze methode is datagedreven, laat de ruimtelijke relaties tussen elektrodenposities intact, minimaliseert visuele ruis en presenteert een overzicht van alle gemeten gegevens. Geen enkele andere bestaande methode combineert deze eigenschappen.

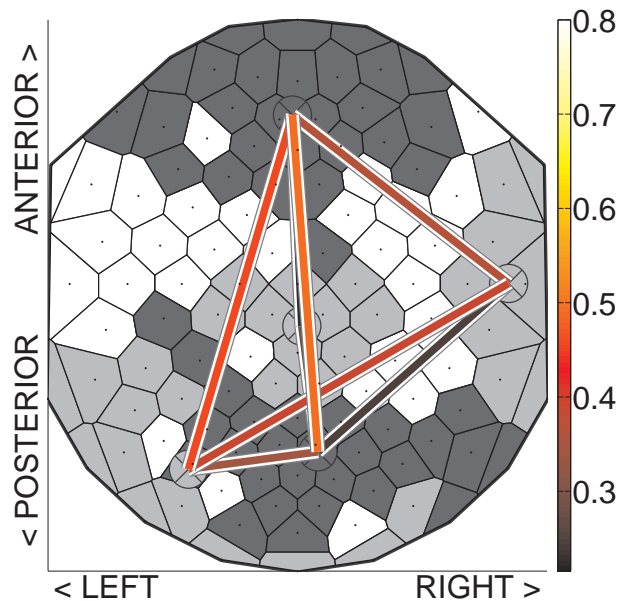
Voor individuele metingen is er de FU-afbeelding (Fig. 5.5). Deze toont een FU als een verzameling cellen met dezelfde grijswaarde. De cellen corresponderen met elektrodenposities. FU's die tegen elkaar aanliggen hebben verschillende grijswaarden. Een lijn verbindt FU-centra als de gemiddelde coherentie tussen de betreffende FU's statistisch significant is. De lijnkleur geeft de grootte van de gemiddelde coherentie aan.

Een FU-afbeelding voor groepsmetingen toont de FU-verdeling voor de gemiddelde coherentie van de EEG-activiteit binnen de groep. Een FU-dichtheidsafbeelding toont voor elke elektrode de bijbehorende FU-grootte gemiddeld over de groep.

Toepassingen

Resultaten zijn verkregen voor een verouderingsstudie (hoofdstuk 3) en een vermoeidheidsstudie (hoofdstuk 4). In beide gevallen vinden we met behulp van de FU-methode zowel grotere FU's als een hoger aantal verbindingen tussen FU's voor lagere EEG-frequenties. Dit komt overeen met de algemene bevinding dat lagere frequenties overeenkomen met globale hersenactiviteit en hogere frequenties met lokale activiteit.

Voor de verouderingsstudie zijn de resultaten in overeenstemming met conventionele hypothesegegedreven resultaten, die een lagere EEG-coherentie laten zien voor jongere personen dan voor oudere. In aanvulling op conventionele resultaten geeft de FU-methode aan dat er mogelijk meer informatie te winnen valt met deze nieuwe datagedreven benadering. In de vermoeidheidsstudie laten resultaten grote overeenkomsten zien tussen de situaties waarbij de proefpersoon onvermoeid resp. vermoeid is. Echter, de resultaten verschillen enigszins voor de lagere EEG-



Figuur 5.5. *FU-afbeelding. Tegen elkaar aanliggende FU's hebben verschillende grijswaarden. Een significante coherentie tussen FU's onderling wordt gevisualiseerd door een lijn met een kleur die correspondeert met de coherentiewaarde. Voor een kleurenversie, zie Fig. 3.3 (p. 52).*

frequenties. Mogelijk komt dit doordat lagere EEG-frequenties verband houden met hogere cognitieve processen die naar verwachting gevoelig zijn voor vermoeidheid.

Kortom, de FU-methode gebruikt een datagedreven in plaats van een hypothesegedreven aanpak en benut de gegevens van alle elektroden die gebruikt zijn bij de EEG-meting ten volle. De methode maakt een onderscheid tussen lokale en globale coherentie. Zo geeft de FU-methode een duidelijke en beknopte samenvatting van een groot aantal experimentele gegevens.

Toekomstperspectieven

Dit proefschrift behandelt nieuwe visualisatiemethoden ten behoeve van EEG-analyse. De eerste nieuwe methode is de tegelsgewijze parallelle coördinaten (TPC) afbeelding voor het tijdsdomein. In tegenstelling tot bestaande methoden kan deze nieuwe methode de combinatie van een groot aantal elektrodenposities en tijdstappen aan. In het bijzonder is deze methode zeer geschikt voor het bestuderen van de symmetrie van de activiteit in de linker- en de rechterhersenhalft. Toekomstige tijdsdomeinvisualisaties kunnen verder profiteren van de interactieve combinatie van een zorgvuldig gemaakte selectie van visualisaties.

De tweede methode is de nieuwe FU-afbeelding die door EEG-onderzoekers gebruikt kan worden voor de analyse van multikanaals EEG-coherentie. De methode is vooral geschikt wanneer op basis van eerdere experimenten geen hypothese beschikbaar is. De FU-methode is ontworpen voor zowel individuele als groepsmetingen en levert een duidelijk overzicht van een groot aantal coherenties op. Een toekomstige verbetering zou een datagedreven selectie van frequentiebanden zijn.