

De projectie van 3-dimensionale deformeerbare objecten, zoals digitale hersenatlassen, op (intra-operatieve) MRI data met als doel het ondersteunen van neurochirurgische plannings en operaties.

H.E. Bennink en J.M. Korbeeck

Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Biomedische Technologie, Biomedical Image Analysis

Samenvatting

Tijdens neurochirurgische interventies, zoals diep brain stimulation voor Parkinson patiënten, is computer-assistentie een vereiste. Zonder deze techniek is het onmogelijk om de instrumenten te localiseren en daarmee het risico op hersenbeschadiging minimaal te houden.

Met behulp van recente 3D volume data, verkregen door middel van intra-operatieve MRI, kan de chirurg inzicht krijgen in de positie van deze instrumenten. Omdat intra-operatieve MRI op dit moment zijn grenzen kent, is de gedetailleerdheid onvoldoende om alle relevante structuren nauwkeurig weer te geven. De randen van de grove structuren zijn duidelijk zichtbaar, echter het fijne detail kan slechts toegevoegd worden door de data te combineren met een 3-dimensionale hersenatlas of eerder verkregen hoge-resolutie data.



Figuur 1: Neurochirurg geassisteerd door de PoleStar N-20 intra-operatieve MRI scanner.

De neurochirurg zou het liefst een (transparante) real-time projectie van de hersenen, met daarin de positie van de instrumenten en de corticale structuren willen hebben. Een dergelijke afbeelding kan worden gemaakt door gedetailleerde datasets en/of een digitale hersenatlas te vervormen en op de intra-operatieve MRI beelden te projecteren.

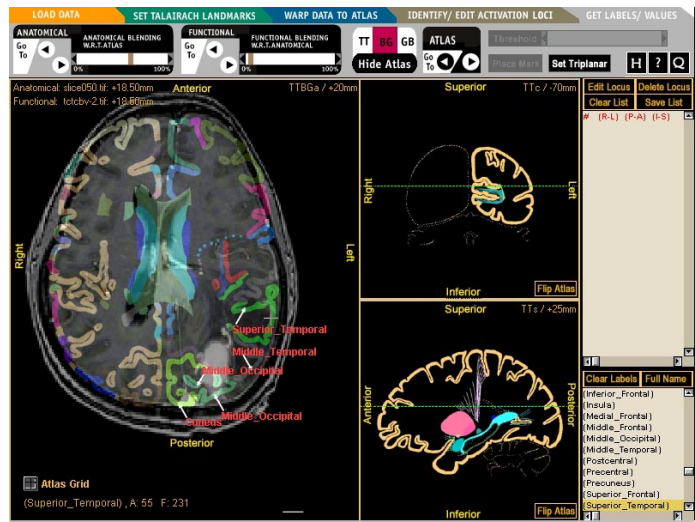
De technologie voor het vervormen en projecteren van hersenatlassen is beschikbaar in de Biomedical Imaging Group van het 'Agency for Science, Technology and Research' (A*Star) in Singapore.

Projectdoel

De twee meest toegepaste procedures bij de behandeling van de ziekte van Parkinson zijn het verwijderen van delen van de thalamus en de globus pallidus. Het eerste geval wordt voornamelijk gebruikt bij het behandelen van bevingen, terwijl het tweede toegepast wordt bij het verhelpen van stijfheid en L-dopa geïnduceerde dyskinesia. In beide gevallen is een nauwkeurigheid van 1 tot 2 mm noodzakelijk om schade aan diepgelegen hersenstructuren zoals de interne capsule en de optische zenuwbanen te voorkomen.¹

Het gebruik van intra-operatieve MRI levert een grote bijdrage aan deze nauwkeurigheid, omdat de hersenen van de patiënt alsmede de positie van de instrumenten tijdens de operatie in de gaten kunnen worden gehouden, zonder dat er onzekerheid bestaat over het verschuiven van het brein als gevolg van de craniotomie of beweging tijdens de operatie. Dit fenomeen suggereert dat de standaard MRI scans, welke voorafgaande aan de operatie gemaakt worden, niet de meest getrouwe informatie leveren tijdens de operatie.²

Een groot nadeel van een kleine en mobiele MRI scanner is het ontbreken van detail in de verkregen datasets, waardoor fijne hersenstructuren niet te onderscheiden zullen zijn. De projectie van 3-dimensionale deformeerbare objecten zou een grote verbetering kunnen betekenen ten opzichte van de huidige intra-operatieve MRI afbeeldingen. Door middel van 'warping' kan van tevoren gemaakte hoge-resolutie data dusdanig geprojecteerd worden dat de fijne details op de juiste positie zichtbaar zijn. Daarnaast kan de intra-operatieve MRI data ook aangevuld worden met digitale hersenatlassen, welke informatie over verschillende hersenstructuren aan de chirurg verstrekken. Dit resulteert in de volgende voordelen:



Figuur 2: De 'Cerefy Brain Atlas for Functional Imaging' kan structuren in de omgeving van een pathologie labelen.

- Correctie van onzekerheden over posities als gevolg van het verschuiven van het brein tijdens craniotomie of beweging tijdens de operatie;
- Verbetering in effectiviteit van neurochirurgische procedures als gevolg van verbeterde precisie bij het opereren, zonder dat de standaard procedure gewijzigd hoeft te worden;
- Nauwkeurigere neurochirurgische ingrepen leiden tot een afname van het aantal complicaties en verbetering van het resultaat.

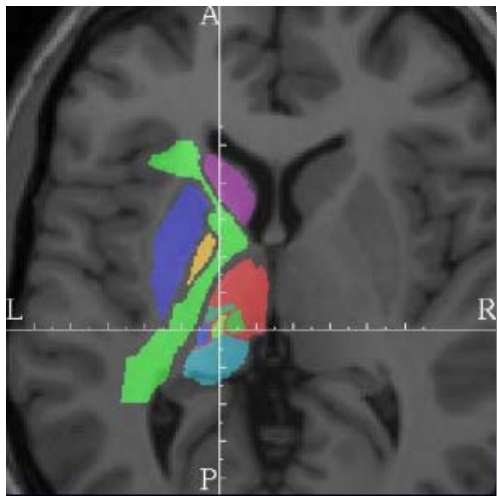
De Biomedical Image Analysis groep van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) is voornamelijk gespecialiseerd in zogeheten 'data driven' beeldanalyse. Echter het deformeren en projecteren van 3-dimensionale objecten, zoals objecten uit een digitale hersenatlas, behoren tot de categorie 'model driven'. 'Data driven' analyse berust op het analyseren van de beelddata op zich, terwijl bij 'model driven' analyse ook de kennis over deze data gebruikt wordt, bijvoorbeeld kennis in de vorm van een hersenatlas of gemiddelde patiëntdata.

Gedurende april tot en met juni 2005 zullen wij een bezoek brengen aan de Biomedical Imaging Group van A*Star. Deze onderzoeksgroep heeft veel ervaring met het 'model driven' deformeren van hersenatlassen en we hopen hier de nodige kennis op te doen van deze technologie en uit te zoeken hoe we deze kennis in Eindhoven kunnen toepassen.

Het projecteren van een hersenatlas

De intra-operatieve MRI data zijn niet gedetailleerd genoeg om alle relevante structuren nauwkeurig weer te geven. De randen van de grove structuren zijn duidelijk zichtbaar, echter het fijne detail kan slechts toegevoegd worden door de data te combineren met hoge-resolutie data of een 3-dimensionale hersenatlas. Deze gedetailleerde 3-dimensionale digitale atlassen zijn tegenwoordig beschikbaar, zoals bijvoorbeeld de Cerefy Brain Atlas³ van W.L. Nowinski and A. Thirunavuukarasuu.

Deze atlas bevat verbeterde en uitgebreide versies van drie wereldberoemde Thieme atlassen: de Schaltenbrand en Wahren's *Atlas for Stereotaxy of the Human Brain*, en de Talairach en Tournoux's *Co-Planar Stereotactic Atlas of the Human Brain* en *Referentially Oriented Cerebral MRI Anatomy*. Het bevat de elektronische versies van deze atlassen evenals een eenvoudig navigatiesysteem om 525 anatomische structuren eenvoudig te doorzoeken en weer te geven.



Figuur 3: Een projectie van een aantal atlas-gebaseerde corticale structuren op MRI data

De vertaling van de posities van de atlas-objecten naar de intra-operatieve MRI data gebeurt via een 3D 'warp ruimte'. Deze vectorruimte beschrijft welk coördinaat in het MRI data coördinatensysteem wordt geprojecteerd op een coördinaat in het atlas coördinatensysteem. Een dergelijke 'warp ruimte' kan berekend worden door handmatig een aantal markeringspunten (bijvoorbeeld Talaraich markeringen) in de MRI data aan te geven of automatisch een 3-dimensionaal model van de hersenen op de data te 'fitten'. Hierna kunnen de atlas objecten, welke beschreven zijn door 3-dimensionale polygonen, op het MRI beeld geprojecteerd worden.

Intra-operative MRI

De PoleStar N-20 intra-operative MRI scanner van Medtronic Surgical Navigation Technologies, ontwikkeld door zijn Israelische partner Odin Medical Technologies, is een low-field 0,15 Tesla mobiele hoofd-scanner, welke opgevouwen onder de operatietafel past. Intra-operatieve MRI maakt het mogelijk om de positie van hersengebieden en de instrumenten nauwkeuriger weer te geven dan bij het gebruik van standaard MRI, omdat onnauwkeurigheden als gevolg van het verschuiven van de hersenen teruggedrongen worden.

Dit apparaat zal dit jaar in het Academisch Ziekenhuis in Maastricht beschikbaar zijn. Daarmee is het AZM het eerste Nederlandse



Figure 4: The PoleStar N-20 intraoperative MRI scanner.

ziekenhuis die een dergelijke scanner tot zijn beschikking heeft. Ook dit draagt bij aan de waarde van onze stage voor het Nederlands neurochirurgisch beeldanalyse onderzoek.

¹ P. St-Jean, R. Kasrai, D. Clonda, A.C. Evans, A.F. Sadikot, and T.M. Peters, *Interactive Three Dimensional Visualization Tools for Stereotactic Atlas-Based Functional Neurosurgery*, McConnell Brain Imaging Centre, Montréal Neurological Institute, McGill University, 1998.

² Odin Medical Technologies, *PoleStar: The System*, <http://www.odinmed.com/newSite/benefits.html>, 2003.

³ W.L. Nowinski, A. Thirunavuukarasuu, *The Cerefy Clinical Brain Atlas*, Thieme Medical Publisher, 2004.