

Personal Digital Assistants in der funktionellen Neurochirurgie

Michael Kroll und Hans-Gerd Lipinski

Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Informatik / Med. Informatik,
Emil-Figge-Str.42, 44227 Dortmund, Germany
michael.kroll@trantor.de, lipinski@fh-dortmund.de

Abstract: Bisher wurden für die Unterstützung der stereotaktischen Behandlung zentralmotorischer Störungen wie Tremor oder Dystonie Prozessrechner oder Personalcomputer eingesetzt. Diese Arbeit beschreibt den Einsatz von Personal Digital Assistants bei stereotaktischen Eingriffen, welche ausreichend Leistungsfähigkeit bieten um Biosignale zu visualisieren und zu analysieren sowie unter Zuhilfenahme von Algorithmenservern komplexe Signalanalysen ausführen können.

1 Einleitung

Seit der Einführung der stereotaktischen Behandlung zentral-motorischer Störungen (Tremor, Dystonie) durch Spiegel im Jahre 1947 wurde diese Operationstechnik durch einen frühzeitigen Einsatz von Computern wirkungsvoll unterstützt. Waren es zunächst Prozessrechner vom Typ PDP 11, die zum Einsatz kamen, wurden diese später mehr und mehr durch Personalcomputer ersetzt, die bis heute in den meisten Operationssälen anzutreffen sind.

Durch die technologische Weiterentwicklung von mobilen Computersystemen, wie etwa den Personal Digital Assistants (PDA), stellte sich die Frage, in wieweit solche Systeme die doch recht komplizierte Datenanalyse für funktionell-stereotaktischen Eingriffe bewältigen können. Dazu gehören insbesondere die Analyse von spontanen Deepbrain-EEGs und von evozierten Potentialen, die genutzt werden, um sich während des Eingriffs im Gehirn räumlich orientieren zu können. Darüber hinaus wird bei vielen stereotaktischen Eingriffen auf diverse Hirnatlanten zurückgegriffen. Entscheidend sind zudem verschiedene bildgebende Verfahren, wie etwa die Computertomographie und die Ventrikulographie. Sie sind wichtige Hilfsmittel zur Festlegung des Zielpunktes im Gehirn, an dem durch einen entsprechenden Eingriff (z.B. Platzierung einer Stimulationselektrode bzw. Koagulation) die motorische Störung gemindert, in den meisten Fällen sogar behoben werden kann.

2 Material und Methoden

Für die prä-operative Festlegung des Zielpunktes des stereotaktischen Eingriffs dienen sowohl Computertomogramme des Diencephalons des Patienten sowie eine positive Ventrikulographie. Mit Hilfe dieser bildgebenden Verfahren ist es möglich, anatomische Referenzen wie etwa die vordere und die hintere Kommissur sowie die Breite des dritten Hirnventrikels zu ermitteln. Auf dieser Grundlage lässt sich ein Zielpunkt, vornehmlich im bergangsbereich des ventrolateralen Thalamus und der Zona incerta / Radioatio praelemniscalis finden. Für die Verifikation dieses anhand anatomischer Referenzen definierten Zielpunktes sind Biosignalanalysen durchzuführen. So ist es möglich, das spontane neuronale Noise (gemessene spontane neuronale Aktivität und Verletzungspotentiale), wie in Abbildung 1 dargestellt, welches durch eine Mikroelektrode vom Eintrittsort im Gehirn auf dem Weg zum vorab definierten Zielpunkt registriert werden kann, daraufhin zu analysieren, zu welchen Zeitpunkten unterschiedliches neuronale Gewebearten (Faser- bzw. Kerngebiet) erreicht werden.



Abbildung 1: Neronal Noise (Verletzungspotentiale)

Diese Methode ist insbesondere für die Thalamotomie von Bedeutung, denn sie erlaubt die elektrophysiologische Erkennung des Eintritts der Elektrode in den N. reticularis thalami und damit den Eintritt in den ventrolateralen Thalamus. Das bei stereotaktischen Eingriffen oft angezielte thalamisch-subthalamische Übergangsgebiet lässt sich u.a. durch evozierte Potentiale (SEP), die man z.B. einer Waveform-Analyse unterziehen kann,

gegenüber tiefer- bzw. höherliegenden Strukturen gut abgrenzen [Kr97, SL92]. Die visuelle Überwachung des Eingriffes erfolgt routinemäßig häufig anhand von Hirnatlanten, die das Operationsgebiet stark vergrößert wiedergeben. Hierzu wird der Atlas von Schaltenbrand und Wahren häufig verwendet. Für die Überwachung des Eingriffes wird die aktuelle Position der Elektrodenspitze in Bezug zum Atlas visualisiert. Zur weiteren Testung des Zielpunktes werden entlang des Trajektes elektrophysiologische Stimulationen durchgeführt, dessen Verlauf in Abbildung 2 dargestellt ist, die beim Patienten zu entsprechenden motorischen oder sensorischen Reaktionen führen und vom behandelnden Arzt für die Beurteilung der richtigen Lage des Trajektes herangezogen werden können. Weisen alle Untersuchungen darauf hin, dass der Zielpunkt richtig bestimmt wurde, kann z.B. durch eine thermoelektrische Koagulation ein kleines Volumen des betroffenen neuronalen Gewebes zerstört werden, was zu einem symptomatischen Therapieerfolg (Tremorstop, Aufhebung der Dystonie) führt.

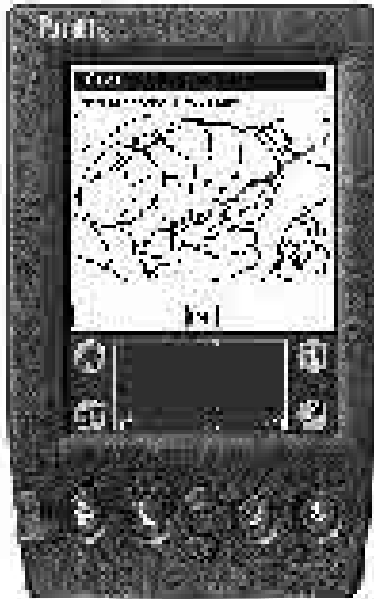


Abbildung 2: Trajektverlauf auf dem Atlas nach Schaltenbrand und Wahren

Um diesen Atlas zu visualisieren und die SEP Analyse durchzuführen, kommt als mobiles Informationsgerät ein PalmOS basierter Organizer zum Einsatz auf dem eine echtzeitfähige virtuelle Java Maschine Jbed eingesetzt wird. Um jedoch die die Waveform Analyse in adäquater Geschwindigkeit durchzuführen ist es notwendig, einen Algorithmenserver der nicht im Operationssaal befindlich sein muß über Wireless LAN oder Bluetooth zu kontaktieren, der rechenintensive Kalkulationen in einem Bruchteil

der Zeit die dafür auf dem Handheld nötig wäre durchführen kann. Dieser Zusammenhang ist schematisch in Abbildung 3 gezeigt.

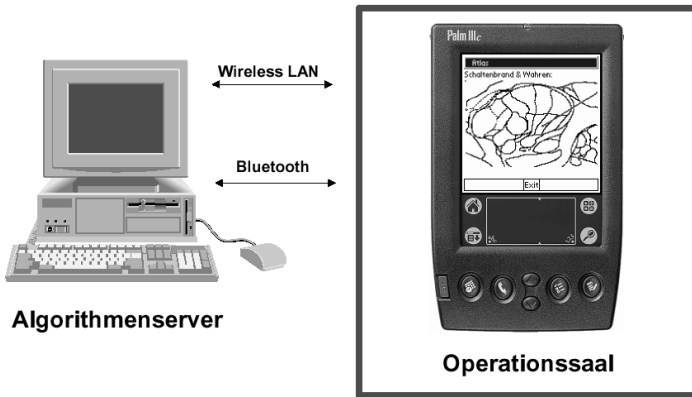


Abbildung 3: Kommunikationsszenario: Palm Organizer - Algorithmenserver

3 Ergebnisse

Die Anwendung mobiler Endgeräte im OP muss im Rahmen des Eingriffs folgendes Leistungsspektrum umfassen:

1. Darstellung von Ventrikulogrammen und CT-Bildern
2. Eingabe von Signaldaten
3. Analyse von Signaldaten (Identifikation von N. reticularis thalami, SEP-Analyse)
4. Darstellung des OP-Gebietes in Form von digitalen Hirnatlasbildern und Zuordnung der aktuellen Lage des Elektrodentrajekte einschließlich der Lage der Elektrodenspitze.

Voruntersuchungen haben gezeigt, dass handelsübliche PDAs durchaus in der Lage sind, bei entsprechender Programmierung auch komplexe Signalanalysen in vertretbarer Zeit durchzuführen [Kr00a, Kr00b].

Mit Hilfe des auf einem PDA verfügbaren Displays kann ein digitaler Hirnatlas visualisiert werden. (verwendet wurden in unserem Anwendungsbeispiel relevante Atlasebenen des Atlas von Schaltenbrand & Wahren). In das Atlasbild lassen sich dann Trajekt und aktuelle Elektrodenposition problemlos einblenden.

Für die Festlegung des Zielpunktes ist bei der Thalamotomie nach wie vor das Ventrikulogramm von entscheidender Bedeutung. Nur hiermit ist es möglich, die anatomischen Referenzen (hintere und vordere Kommissur) so abzubilden, dass eine exakte Definition des für den Eingriff zugrundeliegenden Basis-Koordinaten systems (Ca-Cp-Systems) erreicht wird. Das Display eines PDA erlaubt eine ausreichend gute Darstellung des digitalisierten Ventrikulogramms, so dass auch mit Hilfe dieses

Rechnertyps relevante Koordinaten definiert und transformiert werden können. Die Visualisierung von CT- bzw. MRT-Bilddaten ist für die Zielpunktüberwachung nicht so relevant, so da die geringe Displaygröße eines PDA keine wesentliche Einschränkung für die Anwendung dieses Rechnertyps im OP darstellt.

4 Diskussion

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die bereits heute verfügbare Leistungsfähigkeit kommerzieller mobiler Endgeräte ausreicht, funktionell-stereotaktische Eingriffe wirkungsvoll zu unterstützen. Personal Digital Assistants wie der Palm Organizer sind mit Ihrem kleinen Display von derzeit 160x160 Pixeln Auflösung und einer Rechenleistung von ca. 33MHz in der Lage Java Programme auszuführen. Die Geräte eignen sich hervorragend für die Visualisierung von Biosignaldaten sowie deren Analyse. Ist es jedoch notwendig komplexere Kalkulationen an den gewonnenen Biosignalen durchzuführen wie z.B. Fouriertransformationen bieten diese Geräte geeignete Schnittstellen um über Drahtlose Netzwerke wie Wireless LAN oder Bluetooth mit sogenannten Algorithmenservern in Kontakt zu treten, welche nach vorheriger Auswahl eines bestimmten Signalanalyse Algorithmus ein Signal verarbeiten und das gewonnene Ergebnis an die Client Applikation zurücksenden.

Literaturverzeichnis

- [Kr00a] Kroll M., Lipinski H.-G.: Biosignalverarbeitung auf Palm Personal Digital Assistants. *Biomed. Technik* 45/2 (2000), 179-185.
- [Kr00b] Kroll M., Lipinski H.-G.: Internet-Based Biosignal Processing on Palm Connected Organizers. In: Bruch H.-P., Koeckerling F., Bourchard R, Schug-Pass C.(eds.): *New Aspects of High Technology in Medicine*. Monduzzi Editore IPD, Bologna (Italy), 2000, pp. 415-420.
- [Kr97] Lipinski H.-G., Schmoll Chr., Struppler A.: Identifikation diencephaler Strukturen mi Hilfe computergestützter Signalanalyse intracerebral registrierter Potentiale. *Biom. Technik* 42 / 2 (1997), 457.
- [SL92] Struppler A., Lipinski H.-G.: computer processing and anatomical correlation of somatosensory evoked potentials in the VL-thalamus. In: Kelly P.J., Kall B.A., *Computers in Stereotaxic Neurosurgery*. Blackwell Scientific Publications Inc., Oxford, 1992, pp. 165-174.