

**2. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
25. bis 26. Feb. 1999 in
Darmstadt**



„Navigierbarer mobiler Computertomograph“

J. Albrecht, T. L uth, A. Hein
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Fachgebiet Navigation und Robotik, Campus
Virchow-Klinikum, Charité, Berlin, Deutschland
E-Mail:jochen.albrecht@charite.de

ISBN: 318318317x
Pages: 60-61

Navigierbarer mobiler Computertomograph

J. Albrecht, T. Lüth und A. Hein

Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
 Fachgebiet Navigation und Robotik
 Prof. Dr. Tim C. Lüth

Charité - Campus Virchow-Klinikum • Augustenburger Platz 1 • 13353 Berlin
 jochen.albrecht@charite.de

Einleitung

In dieser Arbeit wird ein mobiler Computertomograph vorgestellt, der über einen optischen Lokalisationskörper von einem Navigationssystem getrackt und über eine spezielle Software computerunterstützt positioniert werden kann. Die Vorteile, die sich aus dieser Methode ergeben, sind das gezielte Aufnehmen kleiner Regionen (dosisminimale Aufnahme), das kontinuierliche Darstellen der Bewegung des CTs auf einem Monitor, das Auswerten der CT-Position von weiteren Systemen (wie z.B. einem chirurgischen Roboter) sowie die markerlose Registrierung. In dieser Arbeit wird neben den notwendigen Vorarbeiten und der endgültigen Realisierung besonders auf die entstandenen Probleme bei der Entwicklung eingegangen.

Stand der Technik

Den Autoren ist gegenwärtig kein System bekannt, bei dem ein mobiler Computertomograph mit Hilfe eines optischen Navigationssystems intraoperativ zur Aufnahme gezielter Bereiche eingesetzt wird. Die Möglichkeit, ein bildverarbeitendes System mit einem Navigationssystem zu tracken und zur Registrierung einzusetzen, wird in [1] erwähnt, wurde aber nicht realisiert.

Problemstellung

Computertomographen und Magnetresonanztomographen sowie andere bildgebende Systeme werden in zukünftigen Operationssälen auch intraoperativ genutzt. Die Bildinformation wird nicht nur von den Chirurgen benötigt, sondern es werden auch dreidimensionale geometrische Modelle erzeugt, die z.B. auch dazu verwendet werden können, um einen chirurgischen Roboter zu steuern [2]. Zu diesem Zweck werden neue Methoden entwickelt und evaluiert, die ein computerunterstütztes Positionieren von bildgebenden Systemen erlauben und die Verbindung von vorhandenen Bildern mit generierten Modellen ermöglichen.

In Abb.1 ist der schematische Aufbau des OPs mit dem mobilen Computertomographen, dem optischen Navigationssystem sowie dem OP-Tisch dargestellt.

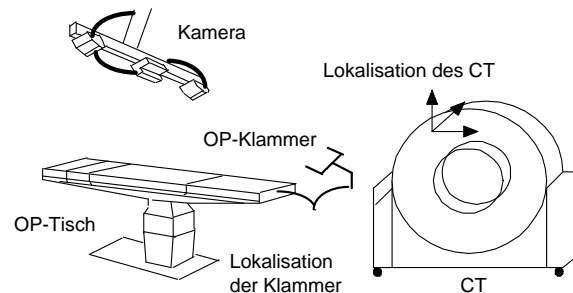


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Navigationssystems sowie des mobilen CTs im OP

Bereits in der Entwurfsphase zeigte sich, daß besonders auf die folgenden Probleme eingegangen werden muß:

- Bau eines CT-tauglichen Aufsatzes für den OP-Tisch
- Bau einer CT-tauglichen Kopffixierung oder eines weiteren Lokalisationskörpers für den Patientenkopf
- Entwicklung eines speziellen Lokalisationskörpers für das mobile CT
- Entwicklung entsprechender Software zur Positionierung des CTs

CT-tauglicher Aufsatz für den OP-Tisch

Mit Hilfe des mobilen CTs Tomoscan M von Philips hat man die Möglichkeit, während den Operationen CT-Aufnahmen der Patienten durchzuführen. Der Patient befindet sich während der Operation auf dem im OP vorhandenen OP-Tisch, welcher in der Regel aus Metall besteht. Metalle bilden im CT sog. Artefakte, die das CT-Bild verfälschen oder unleserlich machen. Aus diesem Grund mußte ein CT-tauglicher Aufsatz für den OP-Tisch entworfen und hergestellt werden. Anschließende CT-Testscans zeigten keinerlei Bildung von Artefakten, und intraoperative CT-Aufnahmen können mit dem speziellen Anbau durchgeführt werden.

CT-taugliche Kopffixierung

Damit gezielte Bereiche des Patienten mit dem CT gescannt werden können, muß die Lage des Patienten ständig bekannt sein. Für unsere Anwendung bieten sich hierfür zwei Möglichkeiten an. Der Patient kann an den OP-Tisch fixiert

werden, und das Navigationssystem kann über entsprechende Navigationssterne am OP-Tisch dessen Lage im Raum verfolgen. Es kann auch ein spezieller Lokalisationskörper für den Patientenkopf entworfen werden, der vom Navigationssystem getrackt werden kann. Für diese Anwendung wurde eine Konstruktion zur Fixierung des Kopfes entworfen, an der zusätzlich ein Navigationsstern befestigt werden kann, so daß die Lage des Patientenkopfes über die Fixierung erfaßt werden kann.

Lokalisationskörper für das mobile CT

Um die Position des mobilen CTs im Raum messen zu können, muß ein spezieller Lokalisationskörper entwickelt werden, in den weitere Infrarot-LEDs integriert werden können. Die Position der Infrarot-LEDs wird von dem optischen Navigationssystem ermittelt und daraus die 3-dimensionale Position des mobilen CTs im Raum berechnet.

Software zur Positionierung des CTs

Das mobile CT besitzt keine offene Schnittstelle, die es erlaubt, die Gantry-Stellung über entsprechende Befehlsaufrufe zu verschieben. Daher muß das CT vom OP-Personal von Hand in die gewünschte Stellung gebracht werden. Mit Hilfe einer geeigneten Software, die die Position des CTs auf einem Monitor darstellt, können die jeweiligen Verschiebeparameter ausgegeben werden.

Navigiertes CT

Für die Realisierung steht als optisches Navigationssystem der Flashpoint 3000 zur Verfügung, der das gleichzeitige Verfolgen von 15 LEDs bei einer Frequenz von 7 Hz erlaubt. Zur Integration der LEDs in das OP-Steuersystem wurde eine Breakout-Box gebaut, an der die verschiedenen Leuchtdioden der Lokalisationskörper verzweigen. Zur Befestigung der LEDs an dem mobilen CT wurde eine Vorrichtung gebaut, die desinfizierbar und einfach am CT anzubringen ist. Für die Auswahl der LEDs wurden mehrere Experimente bezüglich Frequenz, Intensität der Dioden und Abstrahlverhalten durchgeführt. Abb. 2 zeigt das mobile CT mit dem entwickelten Lokalisationsrahmen zum Erfassen der LED-Positionen.

Zur Kalibrierung des Lokalisationskörpers am CT muß der Bezug von der Scanebene des CTs zu diesem Lokalisationskörper exakt bestimmt werden. Eine Möglichkeit dies zu tun wäre, einen Lokalisationskörper (Probe) solange zu scannen bis die Probespitze im CT-Scan sichtbar wird. Mit Hilfe der gemessenen Probespitze, den gemessenen Positionen am Lokalisationskörper des CTs und der gemessenen Verschiebung im CT-Bild kann berechnet werden, wie der Übergang zwischen dem CT-Lokalisationskörper und der Scanebene ist.



Abb. 2: Mobiles CT mit Lokalisationskörper und chirurgischem Roboter

Die gewünschte Scanebene am Patienten kann durch das Anklicken zweier Punkte mit der Probe am Kopf des Patienten festgelegt werden. Den Mittelpunkt des Scans bildet dabei die Mittellinie zwischen den beiden definierten Punkten. Die Verschiebeparameter ergeben sich durch die Differenz der gewünschten Position von der aktuellen CT-Position und werden während des Verschiebens des CTs ständig aktualisiert.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein navigierbarer mobiler Computertomograph vorgestellt, der eine computergestützte Positionierung in einem modernen High-Tech-OP erlaubt. Dieser ermöglicht das Aufnehmen gezielter Bereiche des Patienten, ohne die Strahlenbelastung für den Patienten unnötig zu erhöhen. Das CT kann über die Lokalisationsinformationen zur Fusion von unterschiedlichen CT-Aufnahmen verwendet werden. Bei einem intraoperativen Einsatz eines chirurgischen Roboters kann das navigierbare CT zur markerlosen Registrierung benutzt werden. Die Kalibrierung des CT-Lokalisationskörpers sowie die Software zur Anzeige der CT-Position wird in Kürze implementiert.

Referenzen

- [1] Lavalée, S. (1996): Registration for Computer-Integrated Surgery: Methodology, State of the Art. In Taylor, R. H., S. Lavalée, G. C. Burdea, R. Mösges (Ed.), Computer-Integrated Surgery, Technology and clinical Applications, MIT Press, pp. 77-98.
- [2] Lueth, T.C., *et al.*: A Surgical Robot System for Maxillofacial Surgery. IEEE Int. Conf. on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation (IECON), Aachen, Germany, Aug. 31-Sep. 4, 1998, pp. 2470-2475.