

**5. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
15.-16. Oktober 2004 in
Saarbrücken**



**„Telemanipulation und Robotik in der Medizin Entwicklung
und Zukunft“**

U. Voges, G. Bretthauer
Institut für Angewandte Informatik, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Eggenstein-
Leopoldshafen, Deutschland
E-Mail: udo.voges@iai.fzk.de

Band: „Tagungsband, Automed 2004“
Editors: W. I. Steudel
ISBN: 3-00-013509-X
Pages: 67-68

Telemanipulation und Robotik in der Medizin Entwicklung und Zukunft

U. VOGES, G. BRETTHAUER

*Institut für Angewandte Informatik, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen*

E-Mail: udo.voges@iai.fzk.de

EINLEITUNG

Der Einsatz von mechatronischen Systemen, insbesondere in Operationssälen, hat sich in den letzten 10 Jahren stark verbreitet. Die Anwendungen reichen von einfachen Kamerahaltesystemen bis hin zu vollautomatischen Knochenfräsen. Die Systeme können eingeteilt werden in Assistenzsysteme, Telemanipulationssysteme, Robotersysteme und sonstige Systeme, wie Trainings- und Planungssysteme.

Wesentlichen Antrieb erhielt die Entwicklung derartiger Systeme durch den verstärkten Einsatz der minimal invasiven Chirurgie (MIC) und die damit einhergehenden Anforderungen an Operationstechniken und Instrumente.

ASSISTENZSYSTEME

Einfache Endoskop-Führungssysteme standen als Assistenzsysteme am Anfang der Entwicklungskette. Unterschiedliche Funktionalitäten und variierende Bedienmöglichkeiten - über Tastenfeld, Pedal, Joystick, Sprache, Kopfbewegung bis hin zum automatischen Tracking - wurden entwickelt. Aesop [Fischer2002] und EndoAssist [Armstrong2004] sind kommerzielle Systeme, FIPS, Felix und EFS-T Forschungsprodukte [Fischer2002]. Die wesentlichen Vorteile sind ein ruhiger Bild und die direkte Kamerabedienung durch den Chirurgen ohne Einsatz weiteren Personals.

TELEMANIPULATIONSSYSTEME

Telemanipulationssysteme bilden die nächste Komplexitätsstufe. Bis zu drei Instrumente und zusätzlich ein Endoskop werden über ein aufwendiges Bedieninterface nach dem Master/Slave-Prinzip gesteuert. Verschiedene Philosophien wurden umgesetzt und kamen zum klinischen Einsatz.

Als Forschungsarbeit sei ARTEMIS (Advanced Robotic and Telemanipulation System for Minimally Invasive Surgery) genannt [Voges1995]. Dieses System wurde in Teilkomponenten im Tierexperiment evaluiert. Es gab z. B. starre und flexible Instrumente, Master mit und ohne Skalierung, Indexing und Kraftrückkopplung sowie 2-D- und 3-D-Sicht.

Mit da Vinci kam 1999 das erste kommerzielle System auf den Markt mit minimal invasiver Herzchirurgie als

Einsatzgebiet. Der Übergang von der offenen Herzchirurgie mit 20 - 30 cm großer Brustkorberöffnung zur minimal invasiven OP mit kleinen Schnitten und ohne Knochenwunden war extrem und nur mit einer Telemanipulationsunterstützung sinnvoll realisierbar. Hier sprachen die Vorteile von vergrößernder 3-D-Sicht, Bewegungsskalierung und hochbeweglicher kleiner Instrumente für sich. Weltweit gibt es inzwischen über 250 verkaufte Systeme [Intuitive2004].

Ebenfalls 1999 kam das auf dem Kamera-Führungssystem Aesop basierende Telemanipulationssystem Zeus auf den Markt [Fischer2002]. Nach der Bauchraumchirurgie wurde die Herzchirurgie als Einsatzgebiet gewählt. In der Grundfunktionalität ähneln sich beide Systeme. Bei Zeus bedient der Chirurg analog zur herkömmlichen MIC die Instrumentengriffe, bei da Vinci (wie auch bei Artemis) führt der Chirurg intuitiv die Instrumentenspitze.

Weitere Telemanipulationssysteme sind z. B. der Sur-giscope für HNO-Operationen [Isis2004]. Ein wesentliches Charakteristikum dieses Systems ist seine Montage an der Decke. Es ist in erster Linie zur Führung der Biopsienadel und als Bohr- und Schraubassistent geplant, kann aber auch das Endoskop oder ein Mikroskop führen.

Generell sind als Vorteile von Telemanipulationssystemen die Indikationserweiterung für die MIC sowie die Ergonomie zu nennen, als Nachteil die hohen Investitions- und Einarbeitungskosten.

ROBOTIKSYSTEME

Robotiksysteme, die nach entsprechender Vorgabe und Planung Teile einer Operation selbsttätig durchführen, bilden die höchste Stufe der Automatisierung. Der Einsatzbereich ist eine feste Struktur (Knochen), die sich nicht bewegt (dies wird mit einem Sensor überwacht), die Aktion (z. B. Fräsen) ist durch die Planung exakt in 3-D vorgegeben.

Robodoc kam 1992 für die Hüftchirurgie als erstes System zum Einsatz [Robodoc2004]. Zum eigentlichen Roboter, dessen Aufgabe das exakte Ausfräsen des Oberschenkelknochens ist, gehört ein Planungssystem, mit dem der Chirurg aufgrund von Röntgenaufnahmen die optimale Prothese auswählt und ihre exakte Lage in Form von Sollvorgabe für den Roboter bestimmt.

Caspar war ein deutsches Konkurrenzsystem, das auf einem Industrieroboter basiert [Petermann2002].

Neue Entwicklungen betreffen Robotiksysteme, die im starken Magnetfeld eines MRT (Magnet-Resonanz-Tomograph) arbeiten: Robitom (Robotergeführte Biopsie im Tomographen) führt eine Brustbiopsie bildgesteuert im MRT durch, bei Bedarf im Anschluss eine Therapie, und MIRA (Manipulator für die interventionelle Radiologie) platziert im MRT bildunterstützt eine Kanüle, mit der Medikamente im Umfeld der Wirbelsäule appliziert werden [IBG2004]. Durch diese Systeme soll eine höhere Präzision erreicht und das sonst erforderliche wiederholte Ein- und Ausfahren der Patienten in die MRT-Röhre vermieden werden.

TRAININGS- UND PLANUNGSSYSTEME

Trainings- und Planungssysteme bilden eine Ergänzung zu den Telemanipulations- und Robotiksystemen und zeigen z. T. einen ähnlichen Aufbau. Sie setzen virtuelle Realität ein und dienen u. a. der Aus- und Fortbildung. Verschiedene Systeme sind auf dem Markt, die von der Kopfchirurgie über die Bauchraumchirurgie bis zur Gelenk- und Gefäßchirurgie reichen. Beispiele hierfür sind VSOne [Select2004], LapSim [Immersion2004] und Procedicus [Mentice2004].

AUSBLICKE

In einigen Bereichen der Medizin hat sich der Einsatz von Assistenzsystemen, Telemanipulationssystemen und sogar von Robotern etabliert. Während sich die Verwendung von Assistenzsystemen oft lohnt, weil sich damit eine "Ein-Mann-Operation" realisieren lässt, ist beim Einsatz von Telemanipulationssystemen und OP-Robotern noch mit einem finanziellen Minus zu rechnen. Dies liegt nicht nur an dem hohen Preis der Systeme (ca. 1 Mio €), den Lernkosten sowie den Kosten für die Verbrauchsteile, sondern auch daran, dass der Nutzen auf Patientenseite, wie kürzere Rehazeiten und geringere Schmerzen, nicht finanziell erfasst wird.

Keines der hier vorgestellten Systeme kann bereits als das ideale System bezeichnet werden. Zwar ist ihr Einsatz in weiten Bereichen schon sinnvoll und erfolgreich, aber es sind noch Verbesserungen erforderlich. Dazu zählen vor allem die Sensoren und Aktoren. In vielen Fällen kommt der Chirurg zwar mit der optischen Information vom Operationsgebiet aus, aber eine realistische und intuitive Krafrückkopplung als zusätzliche Informationsquelle ist wünschenswert. Die taktile sensorische Information, die bei einer offenen Operation keine Probleme bereitet, sollte bei einer durch ein Telemanipulationssystem unterstützten Operation bereitgestellt werden.

Um immer kleiner und feiner agieren zu können, sind

entsprechend kleine und präzise Aktoren erforderlich, die die notwendigen Kräfte an der Instrumentenspitze aufbringen. Wenn eine derartige Operation im MRT stattfinden soll, ergeben sich zusätzliche, extreme Anforderungen, die erst ansatzweise gelöst sind.

Neben den hier vorgestellten Systemen gibt es im weiteren Umfeld der Telemedizin noch einige Aspekte wie z. B. Teleconsulting, Teleteaching, OP-Steuerungen, die bisweilen mit diesen Systemen gekoppelt werden können [Voges2000]. Das zeigt, dass die Integration von Robotiksystemen in den Operationsaal der Zukunft einen wichtigen Punkt darstellt.

Abschließend kann gesagt werden, dass sich der Einsatz von Telemanipulation und Robotik in der Medizin lohnt, für die breite Anwendung aber noch weitere Arbeiten erforderlich sind, sowohl von der Forschungsseite als auch von Firmenseite. Es ist zum Wohle der Patienten zu hoffen, dass die damit verbundenen Leistungen auch bezahlbar sind.

LITERATUR

- [Armstrong2004]
<http://www.armstrong-healthcare.com/>
- [Fischer2002]
H. Fischer, U. Voges, "Medizinische Robotersysteme" in R. Kramme, ed: in *Medizintechnik: Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung*. Springer, Berlin, p 684-693, 2002
- [IBG2004]
<http://www.fzk.de/IBG/>
- [Immersion2004]
<http://www.immersion.com/>
- [Intuitive2004]
<http://www.intuitivesurgical.com/>
- [Isis2004]
<http://www.isis-robotics.com>
- [Mentice2004]
<http://www.mentice.com/>
- [Petermann2002]
J. Petermann et al., "Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands mit dem CASPAR-System - 2-Jahres-Ergebnisse bei isolierter Ersatzplastik" *Trauma und Berufskrankheit* Vol 4, p 170-179, 2002
- [Robodoc2004]
<http://www.robodoc.com/>
- [Select2004]
<http://www.select-it.de/>
- [Voges1995]
U. Voges et al., "Experimenteller Telemanipulator für die minimal invasive Chirurgie" *FZKA-5670*, p 106-111, 1995
- [Voges2000]
U. Voges, E. Holler, "Teletechniken und chirurgische Robotik" *NACHRICHTEN Forschungszentrum Karlsruhe* Vol 32, p 39-54, 2000