

Kritisch für die Effizienz des Systems ist die Toleranz bei der Charakterisierung der zu einem Schnipsel potentiell passenden Gegenstücke. Eine geringe Toleranz reduziert die Laufzeit, verhindert aber die Aufstellung gewisser eigentlich richtiger Hypothesen. Das passiert beispielsweise bei »Eselohren« an einem Schnipsel oder unterschiedlichen Zeilenstrukturen beidseits einer Risskante. Diese Problematik wurde durch Implementierung eines geeigneten Rundenkonzepts gelöst, bei dem die Toleranz mit der Verweildauer eines Schnipsels im System sukzessive erhöht wird. Der Prototyp wurde an einem Sack mit fiktiven Unterlagen aus etwa 1 700 zerrissenen DIN A4-Seiten einem Härte-test unterzogen. Nach einigen Anlaufschwierigkeiten bewies das System seine Tauglichkeit: Ein ganzer Sack ließ sich innerhalb einer Woche nahezu vollständig computergestützt rekonstruieren.

Weitere Informationen zu E-Jigsaw gibt es im Internet unter:
www.e-jigsaw.de

Ein Kernthema des Forschungsgebiets Telepräsenz, das die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs »Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion« an der TUM fördert, ist die Fernsteuerung von Robotern durch Menschen. Dabei wird unter anderem versucht, dem Benutzer über seine natürlichen Sinneseindrücke den Eindruck zu vermitteln, er befände sich selbst an der Stelle des Roboters, ganz als ob beispielsweise seine Augen die Kameras des Roboters wären. Wenn der Bediener eines Wartungs-Roboters im Orbit den zu reparierenden Satelliten greifen und sehen kann, so wird er die Aufgabe bestmöglich erfüllen.

Die technische Umsetzung erfordert auf Seite des Bedieners, dessen Bewegungen zu erfassen, zum Roboter zu übertragen und dort auszuführen. Auf Seite des Roboters werden multimodale - etwa visuelle und haptische - Sinneseindrücke aufgezeichnet, zum Bediener geschickt und diesem vermittelt. Die Datenübertragung zwischen Bediener und Roboter ist jedoch mit teils erheblichen Zeitverzögerungen verbunden. Im Falle visueller Informationen, auf die sich das hier beschriebene Projekt beschränkt, nimmt der Bediener bereits Verzögerungen von 0,25 Sekunden zwischen Bewegung und dem daraus resultierenden Bild wahr - bei einer Sekunde ist kein intuitives Arbeiten mehr möglich. Der Bediener ver-

Telepräsenz: Fernsteuerung von Robotern

Bilder aus der Zukunft

Die Zukunft vorherzusagen ist Sache von Wahrsagern, Börsenspekulanten und Metereologen. Doch auch das spezielle Gebiet der Telepräsenz - ein Schwerpunkt am Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme der TUM (Prof. Georg Färber) - kann von Prädiktion profitieren, um Verzögerungen im Kommunikationskanal geschickt zu kompensieren.

fällt auf eine ganz und gar ineffiziente »move and wait«-Strategie. Der Beschleuniger

diener ein künstlich generiertes Bild der Umgebung des Roboters präsentiert,



Wissenschaft zum Anfassen: Dieser junge Besucher nutzte den »Tag der offenen TUM«, um am Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme den Roboter MinERVA mittels Telepräsenz fernzusteuern.

Foto: Jan Leupold

gung der Übertragung sind jedoch durch die Lichtgeschwindigkeit sehr harte Grenzen gesetzt.

Daher entwickelt der Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme der TUM ein »Prädiktives Display« zur Kompensation der Übertragungszeiten. Dabei wird dem Be-

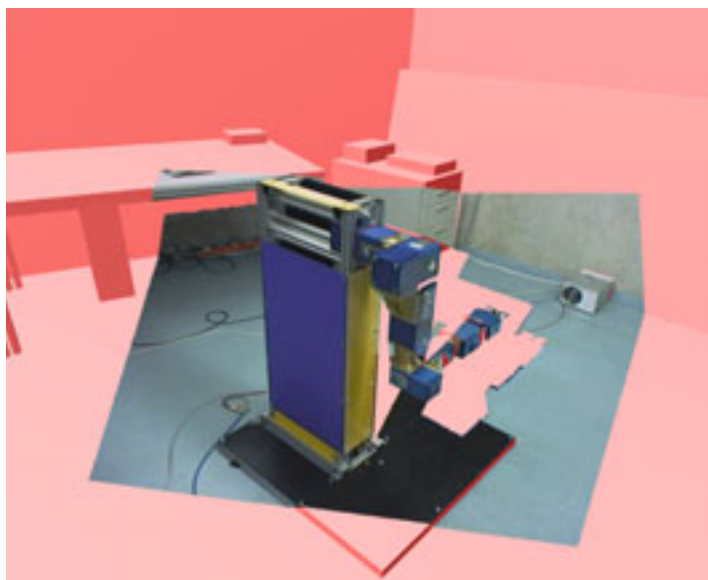
das die zu erwartenden Veränderungen bereits zeigt, bevor sie in der Realität eintreffen. Bewegt der Bediener ein Objekt, so sieht er sofort das simulierte Ergebnis seiner Handlungen, obwohl der reale Roboter die Aktion erst später ausführt. Um eine derartige Bildprädiktion zu erreichen, ist ein

möglichst aktuelles Modell der Umgebung des Roboters erforderlich. Dieses Modell wird teils direkt aus CAD-Daten gewonnen, teils mittels zweier Kameras durch Methoden der Stereo-Bildverarbeitung erweitert und aktualisiert. Auf Bedienerseite lassen sich mit Hilfe dieses Szenenmodells sowie durch Vorwissen über den verwendeten Roboterarm und die Bewegung des Bedieners simulierte Bilder der Szene als virtuelle Realität auf einem Head Mounted Display darstellen.

Texturen nicht, wie etwa in Computerspielen, frei erfunden oder künstlich erzeugt, sondern direkt aus den Kamerabildern extrahiert. Um dem Bediener nun den Eindruck zu geben, er befände sich an Stelle des Roboters, wird seine aktuelle Kopfposition gemessen und als Position im Modell für die Erzeugung der künstlichen Ansicht verwendet. So kann sich der Benutzer nun frei umsehen, auf die »eigene« Roboterhand blicken und damit manipulieren, obwohl die tatsächlichen Bewegun-

der, die diese »Low-Cost-High-Tech« liefert, sind kaum von Kamerabildern zu unterscheiden. Davon konnten sich am »Tag der offenen TUM« zahlreiche Besucher des Lehrstuhls für Realzeit-Computersysteme überzeugen.

*Tim Burkert,
Jan Leupold,
Georg Passig*



Texturen lassen virtuelle Welten real erscheinen. Dieses vollständig mit 3D-Computergrafik erzeugte Bild zeigt die virtuelle Ansicht des Roboters MinERVA. Im Gegensatz zur restlichen Szene erscheint der Bereich in der Mitte durch die Verwendung zuvor gewonnener Texturen fast wie fotografiert.

Da aus rein geometrischen Modellen erzeugte Bilder natürlich nicht real aussehen, greift man in die Trickkiste der Computergrafik: Texturen werden wie Tapeten auf die Polygone gelegt, um die einfachen perspektivischen Ansichten in realitätsnahe Bilder zu verwandeln. Dabei werden die

gen des Roboters erst verzögert stattfinden. Die enorme Verarbeitungsleistung, die nötig ist, um derartig fotorealistic Bilder in Echtzeit zu erzeugen, stellt dabei nicht etwa ein spezialisierter Rechner, sondern ein Standard-PC mit einer Grafikkarte von der Stange. Die oft verblüffend realistischen Bil-

Sportspezifische Spitzenforschung



Die neue Fakultät für Sportwissenschaft der TUM wird um einen bedeutenden Baustein erweitert: Auf dem Gelände an der Connollystraße entsteht das Bayerische Forschungs- und Technologiezentrum für Sportwissenschaft (BFTS). Am 24. März 2003 nahm TUM-Präsident Prof. Wolfgang A. Herrmann gemeinsam mit Wissenschaftsminister Hans Zehetmair und Prof. Josef Hackforth, Dekan der Fakultät für Sportwissenschaft, den offiziellen Spatenstich vor. Die TUM verfügt mit ihren zwölf Fakultäten über einmalige Voraussetzungen, mit dem BFTS ein »Center of Excellence« der Sportwissenschaft zu schaffen. Sportspezifische Spitzenforschung wird hier mit Ingenieur- und Naturwissenschaften, mit Medizin wie auch Ernährungswissenschaften zusammengeführt. Auf über 3 000 Quadratmetern errichtet der Freistaat Bayern auf dem Gelände der Fakultät für Sportwissenschaft modernste Labors, Werkstätten, Studios, Lehr- und Seminarräume sowie Büros und Arbeitsräume. Von Herbst 2004 an wird das BFTS Studierenden ebenso offen stehen wie Spitzensportlern, Medizinern, Journalisten und Ingenieuren. Den ersten Spatenstich taten (v.l.): Dekan Prof. Josef Hackforth, Wissenschaftsminister Hans Zehetmair, TUM-Präsident Prof. Wolfgang A. Herrmann und Architekt Andreas Hild.

Foto: Heinz Firsching