

Wissensbasierte Methoden für Intelligente Virtuelle Realität

Prof. Dr. Ipke Wachsmuth

AG Wissensbasierte Systeme (Künstliche Intelligenz)

Technische Fakultät, Universität Bielefeld

Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld

Tel. 0521/106 2924, Fax. 0521/106 2962

E-Mail: ipke@techfak.uni-bielefeld.de

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden ausgewählte Arbeiten des Bielefelder Labors für Künstliche Intelligenz und Virtuelle Realität aus zwei Bereichen vorgestellt. Im Projekt „Virtuelle Werkstatt“ geht es um eine integrierte Plattform zur interaktiven Erstellung, Modifikation und funktionalen Überprüfung von Prototypen mechanischer Objekte in der Virtuellen Realität. Dabei werden hochaufgelöste räumliche Visualisierungen CAD-basierter Bauteilmodelle in realistischer Größe projiziert und über multimodale Eingaben zu komplexen Baugruppen gefügt oder modifiziert. Im zweiten Teil wird der computeranimierte artikulierte Agent „Max“ präsentiert – als virtueller Assistent, der mit Benutzern Dialoge über das Bauen mit Baukastenteilen führt, sprachliche und gestische Instruktionen versteht und sich selbst in synthetischer Sprache, Gestik und Mimik äußert. Wissensbasierte Methoden kommen sowohl zur Unterstützung der Interaktion mit virtuellen Objekten wie auch bei der Auswertung bzw. Erzeugung multimodaler Ein- und Ausgaben zum Einsatz. Im Ausblick wird angesprochen, wie wissensbasierte Methoden auch zur Klangerzeugung in virtueller Realität eingesetzt werden können.

Schlüsselwörter

Multimodale Interaktion, Virtuelles Prototyping, Virtuelle Assistenten, Künstliche Intelligenz, Virtuelle Realität

Ersch. in: Gausemeier, J., Grafe, M., & Meyer auf der Heide, F. (eds.) 10. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, p. 5–12. Paderborn: HNI Verlagsschriftenreihe Band 295 (2011)

1 Einleitung

Unsere Bielefelder Arbeitsgruppe Wissensbasierte Systeme befasst sich in stark teamorientierter Zusammenarbeit mit Informatik-Systemen, die kognitive Leistungen modellieren und in technischen Anwendungen verwerten. Einen Schwerpunkt stellt dabei der Einsatz von Virtual Reality dar. Grundlagen sind Methoden der Künstlichen Intelligenz, die in langfristigen Arbeitsschwerpunkten zu hochinteraktiven 3D-Grafik- und Virtual Reality-Systemen mit multimodaler Ein- und Ausgabe von Sprache und Gestik zum Tragen kommen. Bezugspunkte bilden vor allem Projekte aus zwei Sonderforschungsbereichen: SFB 360 „Situierete Künstliche Kommunikatoren“ (1993-2005) und SFB 673 „Alignment in Communication“ (ab 2006). Forschungsergebnisse aus den SFBs werden im Exzellenzcluster CITEC¹ (EXC 277) in verwertungsnahen Szenarios mit stärker anwendungsorientierten Zielen aufgegriffen.

In unserem Labor verbinden sich somit Künstliche Intelligenz und Virtuelle Realität. Wir entwickeln innovative wissensbasierte Methoden für „intelligente“ Virtual Reality, die ingenieurmäßig und kognitiv fundiert sind und die – im Sinne von Machbarkeitsstudien – in Systemprototypen exploriert werden können. Unsere Forschungsergebnisse sind damit eher im Vorfeld industrieller Forschung und Entwicklung angesiedelt.

Die Verbindung von Methoden der Künstlichen Intelligenz und der Virtuellen Realität nahm gegen Ende der 1990er Jahre den Aufbruch (siehe etwa [CP00]; [LA00]; [JW98]; [JW96]). Im Ingenieurbereich wurde die Exploration von Lösungsvarianten geplanter mechanischer Konstruktionen in virtueller Realität ein hochaktuelles Vorhaben (vgl. [GMB+04]). Eine große Herausforderung sah man in der Entwicklung echtzeitfähiger Interaktion. Zunächst waren jedoch die Möglichkeiten der Wechselwirkung mit den visualisierten Modellen recht beschränkt. Hemmnisse bildeten u.a. Defizite der anfangs nur auf visuelle Präsentation ausgerichteten Grafik-Datenmodelle. Hieraus resultierten Aufgabenstellungen für eine intelligente Unterstützung durch wissensbasierte Techniken. Um die Objekte als Bauteile „greifbar“ zu machen, wären sie mit Wissen über ihre Interaktionseigenschaften zu versehen – das war die Idee der „intelligenten“ Objekte bzw. Bauteile.

Diese Idee kam in größerem Umfang in unserem von 2001-2007 durchgeführten Projekt „Virtuelle Werkstatt“ [JLB+02] zur Entfaltung. Ein Ziel war es, computergrafisch visualisierte dreidimensionale Modelle realer Konstruktionsteile interaktiv erprobbar zu machen. In diesem Projekt wurden viele technische Neuerungen auf dem Gebiet der Virtuellen Konstruktion erarbeitet. Dazu gehören unter anderem Arbeiten in den Bereichen des Virtuellen Prototypings, der wissensbasierten Computergrafik, der multimodalen Interaktion sowie der Softwareentwicklung für Simulationssysteme der Virtuellen Realität. Über die Einzelheiten wurde auf der ARVR 2009 bereits ausführlicher berich-

¹ <http://www.cit-ec.de/>

tet [FWL09]; im folgenden Abschnitt sollen nur einige Kernpunkte aufgegriffen werden. In Abschnitt 3 geht es um ein anthropomorphes Assistenzsystem. Abschließend wird ein Ausblick auf aktuelle Vorhaben gegeben.

2 Virtuelle Werkstatt: Konstruieren mit Gestik und Sprache

Die „Virtuelle Werkstatt“ stellt eine integrierte Plattform zur interaktiven Erstellung, Modifikation und funktionalen Überprüfung von Prototypen mechanischer Objekte in der virtuellen Realität bereit. Dabei werden hochaufgelöste räumliche Visualisierungen CAD-basierter Bauteilmodelle in realistischer Größe projiziert und über multimodale Eingaben (vermittelt durch Datenhandschuhe, Positionssensoren, Spracherkenner) zu komplexen Baugruppen gefügt oder modifiziert.

Aus Gründen der Echtzeitinteraktion wird die Konstruktion von Entwürfen mit vereinfachten Ersatzmodellen realer CAD-Modellen der Bauteile simuliert, die mit Wissen über ihre Interaktionseigenschaften unterlegt sind. Dazu werden die virtuellen Bauteile mit Wissen angereichert, welches intelligente Verbindungen über sogenannte *Ports* wie auch parametrische Veränderungen der Bauteile, beispielsweise Skalierungen oder Formveränderungen, ermöglicht. Hinzu kommen physikrekonstruierende Einpasshilfen zur Manipulation virtueller Objekte, die etwa ein passgenaues Zusammenschnappen zweier Bauteile gemäß verbindungsartspezifischer Freiheitsgrade leisten. Dieses Wissen wird über *Semantic Entities* [LBW05] an den Teilen verankert und über eine Wissensrepräsentationsschicht für die Simulation verfügbar gemacht. Die Veränderung der Entwürfe erfolgt mittels zweihändiger Gestik, ergänzt durch die Möglichkeit unterstützender sprachlicher Eingaben (Bild 1).

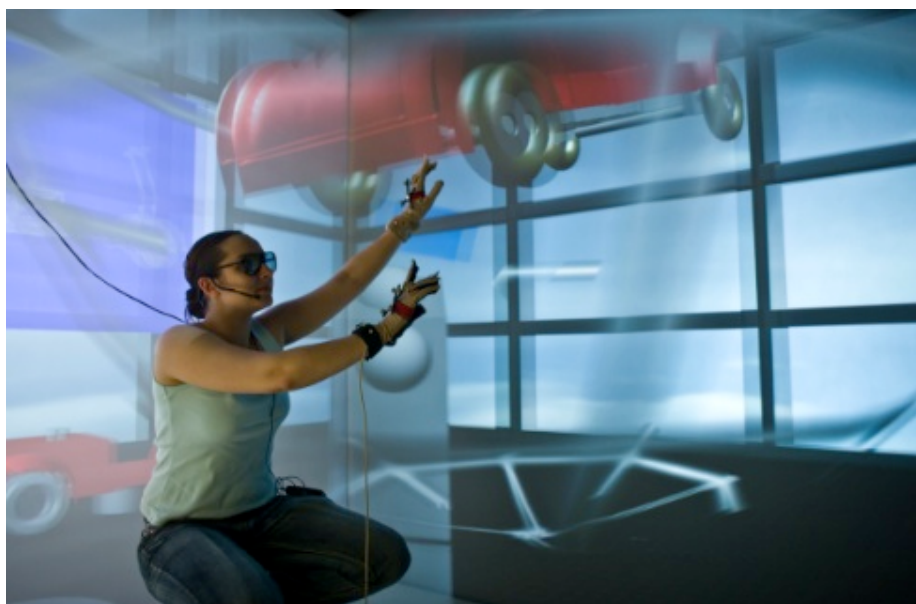


Bild 1: *Zweihändige gestische Skalierung eines Bauteils in der Virtuellen Werkstatt*

In unserer Erprobungsdomäne der virtuellen Konstruktion eines Citymobils [FWL09] „weiß“ beispielsweise ein Rad, dass es nur mit den vier verfügbaren Ports verbunden werden kann, die sich am Fahrwerk des Fahrzeuges befinden. Stehen mehrere freie Ports zur Verfügung, wird über eine Metrik qualifiziert, welcher der Ports für eine intelligente Verbindung ausgewählt wird. Ferner werden hergestellte Verbindungen zwischen Bauteilen überwacht, so dass sich verbundene Bauteile realistisch miteinander bewegen lassen. So sind auch parametrische Skalierungen möglich, zum Beispiel, dass eine Baugruppe aus Reifen und Felge, bei Erhalt der Dimension und relativen Position der Verbindungsstelle an der umgebenden Baugruppe, direkt in der Anwendung skaliert werden kann, um Varianten des Entwurfs zu explorieren.

Die für die Variantenkonstruktion benötigten Strukturen werden in dem deklarativen XML-Format VPML (*Variant Part Markup Language*) [BJ04] spezifiziert. Erweiterungen des VPML-Formates [BFL+07] erlauben eine Simulation krümmbarer Extrusionsformen in Echtzeit. Schließlich können Bauteile auch interaktiv in ihrer Morphologie zur Ausprägung neuer Ports verändert werden, sofern die zusätzlichen Geometrien und Eigenschaften der Verbindungsstellen in der Beschreibungssprache VPML vordefiniert wurden [FWL09].

Die multimodale Interaktion mit der visualisierten 3D-Szene erfolgt mit Hilfe von sprachbegleiteten Gesteneingaben. Dazu wurden Techniken entwickelt, die mittels 6DOF- und Bimetallsensoren präzise Informationen über die Bewegungsrichtung der oberen Extremitäten und die Position eines Benutzers bei der Interaktion in der VR-Umgebung vermitteln. Sie betreffen die signaltechnische Erfassung und Bedeutungsanalyse von Körpergestik (Hände, Arme und Kopfstellung des Benutzers), die Analyse von Spracheingaben, die Integration der Gesten und Spracheingaben sowie die Kopplung in das Echtzeit-Anwendungssystem. Dabei bilden sog. Aktuatoren eine Benutzer- und Sensorikabstraktionsebene. Spezielle Szenengraphknoten führen eine Voranalyse der veränderlichen Szene im Hinblick auf eine zeitversetzte Analyse gestischer Eingaben durch. Andere Knotentypen etablieren eine Kommunikation mit weniger zeitkritischen Komponenten zur Wissensunterstützung.

Bei der sprachlich-gestischen Interaktion werden drei Typen von Gesten ausgewertet: Zeigegesten, bewegungsnachahmende und formbeschreibende Gesten. *Zeigegesten* dienen, mit einer spezifizierenden Spracheingabe versehen, in der virtuellen Konstruktion vor allem zur Auswahl von Teilen, welche nicht im direkten Greifraum platziert sind. *Bewegungsnachahmende* Gesten kommen bei der Rotation von Teilen zum Einsatz (zum Beispiel „drehe es <kreisender Zeigefinger> so herum“). Die von dem Tracking-system erkannte Trajektorie wird auf das virtuelle Teil übertragen, was auch eine Rotation von Teilen außerhalb des direkten Greifraums erlaubt. Mit *formbeschreibenden* Gesten lassen sich Bezüge auf Formaspekte von Bauteilen (Krümmungswinkel etc.) herstellen; im einzelnen siehe [FWL09].

3 Virtueller Assistent

Ein weiteres technisches Ziel ist es, anthropomorphe Assistenzsysteme für vielfältige Anwendungen zu entwickeln. Die natürliche Interaktion zwischen Menschen profitiert von der engen Kopplung mehrerer Modalitäten – wie Sprechen, Zeigen, Blickrichtung, Gesichtsausdruck –, die man simultan äußern und umgekehrt ohne Mühe verstehen kann. Mit dem künstlichen Agenten „Max“, den unser Forschungsteam in vieljähriger Arbeit entwickelt hat, untersuchen wir multimodale Interaktion (sowohl eingabe- als auch ausgabeseitig) mit Computersimulationen in virtueller Realität [KJL+03]. Max verfügt über ein menschliches Aussehen und wird in der VR-Umgebung in Lebensgröße projiziert (Bild 2). Mit synthetischer Stimme und einem computeranimierten Körper kann Max sprechen, gestikulieren und Gesichtsausdrücke zeigen. Über Mikrofon und Tracking-Systeme kann Max sein Gegenüber auch „hören“ und „sehen“ und Sprache, Gestik und Blickrichtung des Menschen als Eingaben verarbeiten.



Bild 2: Multimodaler Dialog beim Zusammenbau eines Flugzeugmodells

In verschiedenen Anwendungen wird erprobt, ob Max (ursprünglich für „Multimodaler AssemblierungsXperte“) sich in wechselnden Situationen soweit „verständlich“ erweist, dass er im Dialog mit einem Menschen standhält.² In einem frühen Forschungsszenario, aus welchem viele Kernideen für die Virtuelle Werkstatt gewonnen wurden, ging es um das Bauen komplexer Objekte, zum Beispiel eines Flugzeugmodells, aus einem Baufix-

² Als wohl bekannteste Anwendung fungiert Max seit vielen Jahren als ein „virtueller Museumsführer“ im Heinz Nixdorf MuseumsForum (HNF) in Paderborn, wo er Dialoge mit den Besuchern führt.

Konstruktionsbaukasten. Mensch und Max stehen sich dabei an einem Tisch gegenüber wie in Bild 2 gezeigt. Beide können durch natürlichsprachliche Instruktionen und Gesten den Zusammenbau einzelner Teile veranlassen, der in physikgerechter Simulation, unterlegt durch realistische Geräusche, ausgeführt wird. Die sprachlichen Äußerungen von Max werden wissensbasiert, unter Anpassung von Parametern an die aktuelle Situation und inklusive der Generierung passender Gesten, aus einem Repertoire stereotyper Aussageformen erzeugt [KW04]. Mit simulierter Gesichtsmimik kann Max dabei auch „emotionale Zustände“ zum Ausdruck bringen, die von dem Erreichen oder Misslingen kommunikativer Ziele beeinflusst werden.

4 Resümee und Ausblick

Die vorgestellten Beispiele wissensbasierter Methoden für Intelligente Virtuelle Realität befassen sich einerseits mit dem Einsatz echtzeitfähiger Simulations- und Visualisierungstechniken für das virtuelle Prototyping, andererseits mit der multimodalen Interaktion bis hin zu anthropomorphen Assistenzsystemen. Wissensbasierte Methoden kommen sowohl zur Unterstützung der Interaktion mit computergrafischen Objekten wie auch bei der Auswertung bzw. Erzeugung multimodaler Ein- und Ausgaben zum Einsatz. Unsere Ansätze können dabei Beiträge leisten, die zur Vorbereitung durchgängiger Verfahren für den Einsatz intelligenten virtuellen Konstruierens in der Produktentwicklung geeignet sind, wie sie beispielsweise in Kooperation mit Volkswagen Konzernforschung bei der virtuellen Planung von Leitungsobjekten erfolgreich erprobt wurden [Sym03-ol].

Die Arbeiten zur Virtuellen Werkstatt wie auch zu virtuellen Assistenten finden unter anderem Fortsetzung im Arbeitsbereich des vormals in Bielefeld beteiligten Kollegen B. Jung an der TU Bergakademie Freiberg (Interactive Digital Humans in Virtual Prototyping – Virtual Workers³). Weitere Arbeiten zur Entwicklung von interaktiven Echtzeitsystemen finden Fortsetzung in der vom – ebenfalls früher in Bielefeld beteiligten – Kollegen M. Latoschik mitinitiierten internationalen Special Interest Group „Software Engineering and Architectures for Realtime Interactive Systems“ (SEARIS⁴).

In einem neu begonnenen Dissertationsprojekt zur 3D-Klanggenerierung in virtuellen Welten [J. Fröhlich; in diesem Band] wird der Grundansatz der semantischen Anreicherung der virtuellen Welt übernommen. Die in der virtuellen Umgebung eingebetteten intelligenten Objekte werden mit Wissen über klangliche Eigenschaften versehen, zum Beispiel in welcher Art und Weise ein Klang an einer bestimmten Position abgespielt wird. Eine aus der Computergrafik übernommene Idee ist es hier, die Klänge in Analogie zu Lichteindrücken ambient, diffus und specular zu erzeugen.

3 <http://vr.tu-freiberg.de/virtualworkers/>

4 <http://www.searis.net/>



Bild 3: Interaktive Klangskulptur in immersiver Umgebung

Ein erstes Klangprojekt wurde als Exponat einer „Nacht der Klänge“ in einer immersiven dreidimensionalen Umgebung realisiert (16. Juli 2010, Kooperation mit Dr. Manfred Nusseck, Abt. Kunst und Musik, Universität Bielefeld). Durch Berühren einzelner Bauteile konnten die Besucher ein virtuelles 3D-Modell der Universität eigenhändig in einen großen Klangkörper verwandeln. Für das Erstellen von derartigen multimodalen immersiven Umgebungen stellen die wissenbasierten Methoden Komfort wie auch viele neue Möglichkeiten bereit.

Auf die Unterstützung unserer Forschungsarbeiten durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) wird dankend hingewiesen.

Literatur

- [BFL+07] BIERMANN, P.; FRÖHLICH, C.; LATOSCHIK, M. E.; WACHSMUTH, I.: Semantic Information and Local Constraints for Parametric Parts in Interactive Virtual Construction. 8th Symposium on Smart Graphics, (S. 124-134). Kyoto, 2007
- [BJ04] BIERMANN, P.; JUNG, B.: Variant Design in Immersive Virtual Reality: A markup language for scalable CSG parts. Articulated Motion and Deformable Objects, Proceedings AMDO-2004 (S. 123-133). Berlin: Springer (LNCS 3179), 2004
- [CP00] CAVAZZA, M.; PALMER, I.: High-level interpretation in dynamic virtual environments. Applied Artificial Intelligence 14(1), 125-144, 2000
- [FWL09] FRÖHLICH, C.; WACHSMUTH, I.; LATOSCHIK, M. E.: Virtuelle Werkstatt – Multimodale Interaktion für intelligente virtuelle Konstruktion. In J. Gausemeier, M. Grafe (Hrsg.), 8. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung (pp. 241-255). Paderborn: HNI, 2009

- [GMB+04] GAUSEMEIER J.; MÜLLER W.; BAUCH, J.; RADKOWSKI, W.; SHEN, T.; PAELKE, V.: Lösungselement-basiertes Virtual Prototyping von selbstoptimierenden mechatronischen Systemen in Virtual Reality. In Proceedings of Simulation and Visualisation 2004, SCS-EPH, Erlangen, 2004
- [JLB+02] JUNG, B.; LATOSCHIK, M.; BIERMANN, P.; WACHSMUTH, I.: Virtuelle Werkstatt. In 1. Paderborner Workshop Augmented Reality / Virtual Reality in der Produktentstehung (pp. 185-196), Paderborn: HNI, 2002
- [JW96] JUNG, B.; WACHSMUTH, I.: Ein wissensbasiertes System für die 3D-computergraphische Montage-Simulation. In D. Ruland (Hg.): Verteilte und intelligente CAD-Systeme: Tagungsband CAD '96 (pp. 107-119), Bonn: Ges. für Informatik; Kaiserslautern/Saarbrücken: DFKI, 1996
- [JW98] JUNG, B.; WACHSMUTH, I.: Integration of Geometric and Conceptual Reasoning for Interacting with Virtual Environments. Proc. AAAI'98 Spring Symposium on Multimodal Reasoning, (pp. 22-27), 1998
- [KJL+03] KOPP, S.; JUNG, B.; LESSMANN, N; WACHSMUTH, I.: Max – a multimodal assistant in virtual reality construction. KI – Künstliche Intelligenz 4/03, 11-17, 2003
- [KW04] KOPP, S.; WACHSMUTH, I.: Synthesizing multimodal utterances for conversational agents. Journal of Computer Animation and Virtual Worlds, 15 (1), 39-52, 2004
- [LA00] LUCK, M.; AYLETT, R.: Applying artificial intelligence to virtual reality: Intelligent virtual environments. Applied Artificial Intelligence 14(1), 3-32, 2000
- [LBW05] LATOSCHIK, M. E.; BIERMANN, P.; WACHSMUTH, I.: Knowledge in the loop: Semantics representation for multimodal simulative environments. Proceedings 5th International Symposium on Smart Graphics (S. 25-39). Berlin: Springer (LNCS 3638), 2005
- [Sym03-ol] SYMIETZ, M.: Echtzeitbasierte Generierung und Verlegung von Leitungsobjekten in einem digitalen Fahrzeugmodell mit einem Virtual-Reality-System. Dissertation, Technische Fakultät, Universität Bielefeld, unter: <http://bieson.ub.uni-bielefeld.de/volltexte/2003/325/>, 12. September 2003

Autor

Prof. Dr. Ipke Wachsmuth studierte Mathematik und Informatik an der TU Hannover, wo er 1980 promovierte. Nach Tätigkeiten an der Universität Osnabrück, der Northern Illinois University und bei IBM Deutschland habilitierte er sich 1989 an der Universität Osnabrück; im gleichen Jahr wurde er auf eine Professur für Wissensbasierte Systeme an der Universität Bielefeld berufen. Er war dort Gründungsmitglied der Technischen Fakultät (1990), Mitinitiator zweier Sonderforschungsbereiche und von 2002 bis 2009 geschäftsführender Direktor des Zentrums für interdisziplinäre Forschung (ZiF). Er ist derzeitiger Sprecher des SFB 673 „Alignment in Communication“.