

# Leicht Konfigurierbare Komponenten Kollaborativer Systeme (LK<sup>3</sup>S)

Prof. Dr. rer. nat. Uwe Schmidtman<sup>1</sup>, Prof. Dr.-Ing. Clemens Westerkamp<sup>2</sup>, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wübbelmann<sup>2</sup>, Dipl.-Inf. (FH) Lars Ruhr<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. Bernd Ramler<sup>2</sup>, Dipl.-Inf (FH) Martin Landwehr<sup>2</sup>, Dipl.-Inf (FH) Vanessa Kukuck<sup>2</sup>, Dipl.-Inf (FH) Pascal Proksch<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Informatik, Automatisierungstechnik und Robotik,  
Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven

<sup>2</sup>Fachhochschule Osnabrück

**Abstract:** Das LK<sup>3</sup>S-Projekt befasst sich mit dem Teilaspekt der flexiblen Fertigung (collaborative manufacturing, kurz CM) und versucht hierfür von unten nach oben (bottomup) eine Basis zu schaffen, auf der eine flexible Fertigung einschließlich neuer Managementstrukturen aufbauen kann. Es soll speziell der Prototyp einer Laufzeitumgebung für agentenbasierte Fertigungen geschaffen werden, der sowohl für leistungsstarke Industrierechner als auch für kleine eingebettete Systeme geeignet ist.

## 1 Motivation

Die Globalisierung basiert im Wesentlichen auf dem schnellen Daten- und Informationsaustausch im weltweiten Internet und dem preiswerten Gütertransport der Containerschifffahrt und führt somit zu einer „Flat World“ (s. Friedmann [Fri05]). Aus der Sicht der etablierten Märkte wird der neue Weltmarkt durch Millionen neuer Konsumenten aber auch durch Millionen neuer Anbieter von Waren und Dienstleistungen bestimmt werden. Die laufende Transformation zu einem flachen, neuen Weltmarkt (s. Friedmann [Fri05], ARC Advisory Group [ARC02, ARC05], EU [EC04a, EC04b], National Academy of Science der USA [Bea98], etc.) kann von Unternehmen erfolgreich bewältigt werden, wenn sie sich – weltweit vernetzt – alle Ressourcen für neue innovative Produkte wie auch für neue Verfahren der Produktion, für das Marketing, etc. erschließen. Mit dem Begriff „kollaborative Arbeitsumgebungen“ (*collaborative environments*, kurz CE) wird ein weites Forschungsgebiet bezeichnet, das optimale Strukturen und Methoden derartiger vernetzter Strukturen ergründen soll und das nahezu alle wissenschaftlichen Disziplinen anspricht: CE befasst sich u.a. mit Fragen, wie organisiert man die Arbeitsumgebung unterschiedlicher Teams aus unterschiedlichen Kulturen, wie können Geschäftsabläufe unternehmensübergreifend gestaltet werden, wie werden Logistik-Prozesse und Fertigungsabläufe im Sinne der „flachen Welt“ organisiert, etc.?

Das LK<sup>3</sup>S-Projekt befasst sich mit dem Teilaspekt der flexiblen Fertigung (*collaborative*

*manufacturing*, kurz CM) und versucht hierfür von unten nach oben (*bottom-up*) eine Basis zu schaffen, auf der eine flexible Fertigung einschließlich neuer Managementstrukturen aufbauen kann. Da die zukünftige Fertigung im Verbund mit internen wie auch externen Fertigungseinheiten arbeitet, muss sie flexibel auf die individuell gestalteten Fertigungsaufträge reagieren können. Individuell gestaltete Produkte wie auch die Kooperation zwischen den Einheiten bedingen eine kollaborative Produktionsumgebung, die flexibel auf die Wünsche, Störungen, etc. reagieren kann. Zu diesem Zweck sind in den letzten Jahren neue Konzepte auf der Basis der Agententechnologie entwickelt worden, deren Brauchbarkeit teilweise an akademischen Modellen demonstriert wurden. Die bekannten agentenbasierten Ansätze basieren auf Java und kommen daher für viele eingebettete Systeme nicht in Frage. Insbesondere ist die Verbindung zur unterliegenden Steuerungssoftware nicht echtzeitfähig und bedarf i.d.R. einer herstellerspezifischen Adaption. Mit diesem Projekt soll diese Lücke geschlossen werden und eine durchgängige Entwicklungsplattform für eine agentenbasierte Fertigung entstehen. Dabei soll zur Unterstützung unterschiedlicher Hardware/Software-Plattformen ein service-orientierter Ansatz unter Nutzung von Web Services verfolgt werden. Durch generische Schnittstellen (Implementierung mit der UML2.0) zu bestehenden Automatisierungssystemen soll eine Plattformunabhängigkeit erreicht und eine Integration mit bestehenden agentenbasierten Ansätzen erleichtert werden.



Abbildung 1: Digitale Fabrik

Die Industrietauglichkeit des neuen Ansatzes soll an mindestens einem mit den neuen Werkzeugen zu entwickelnden Prototypen demonstriert werden. Das Modell einer verteilten Fertigungsanlage der FHOOW mit fünf Roboterarbeitsplätzen, einem Hochregallager sowie einem flexiblen Transportsystem ist hierfür vorgesehen (s. Abbildung 1). Insbesondere soll dabei gezeigt werden, dass die Konzepte und Werkzeuge einfach zu handhaben

sind, so dass sie den Bedürfnissen der KMUs gerecht werden. Denn die bisherigen nationalen und internationalen Forschungsprojekte in Sachen CM haben sich in der Regel an den Bedürfnissen großer Konzerne und denen der Grundlagenforschung ausgerichtet, so dass die KMUs außen vorgeblieben sind. Insbesondere soll das Vertrauen der Anwender in die neuen kollaborativen Fertigungslösungen und deren Integrierbarkeit mit bisherigen Ansätzen geschaffen werden. Die enge Kooperation mit unseren Partnern und deren Know-How über den aktuellen Wissensstand und über die Bedürfnisse ihrer Kunden ist für das Projekt hinsichtlich der Akzeptanz wesentlich.

## 2 Arbeitsziele

Mit diesem Vorhaben soll speziell der Prototyp einer Laufzeitumgebung für agentenbasierte Fertigungen geschaffen werden, die sowohl für leistungsstarke Industrierechner als auch für kleine eingebettete Systeme und sogar für drahtlos angebundene Sensorknoten geeignet ist und die ein breites Spektrum der Automatisierungskomponenten abdeckt. Hierzu werden für die Laufzeitumgebung Werkzeuge entwickelt, mit deren Hilfe agentenbasierte Fertigungen konzipiert und generiert werden können. Die Bedienung dieser Werkzeuge sollte dabei so einfach gestaltet werden, dass sie keine besondere Expertise auf dem Gebiet der Agententechnologie voraussetzen. Durch eine enge Kooperation mit UML2.0-Architektur und Werkzeug-Experten mit besonderen Möglichkeiten zur Code-Generierung für eingebettete Systeme wird eine allgemein übliche und verständliche Darstellung des verteilten Systems ermöglicht.

Darüber hinaus sollte die Plattform das Plug-and-Play Konzept (PnP) im Sinne der Interoperabilität voll unterstützen, denn gerade aufgrund der sinkenden Losgrößen der Produkte müssen zukünftige Fertigungseinheiten leicht rekonfiguriert sein; d.h. sie müssen modularisierbar sein. Dies hat zur Folge, dass alle Daten der Konstruktion (CAD), der elektrischen Projektierung (CAE), der Programmierung (IDE) als Einheit aufzufassen und auch so zu handhaben sind. Für diese Einheit wurde der Begriff „Mechatronic Object, (MO) in die Literatur eingeführt. Agenten sind demnach integrale Bestandteile von MO.

Die Benutzerfreundlichkeit wird durch eine zu schaffende Menge von Standardagenten für diverse Anwendungsszenarien wie beispielsweise für Fehlertoleranz, Error-Recovery, Monitoring, Sensorbeobachtung etc. erhöht. So wird auch dem Laien ermöglicht, eine kollaborative Fertigung zu entwickeln. Dabei soll es möglich sein, zuladbare Komponenten z.B. Datenerfassungsagenten für kleine eingebettete Systeme und abgesetzte Sensorknoten über Sensorschnittstellen oder drahtlose Kommunikation anzubinden und sie mit einem XML/SOAP-basierenden Wrapper ggf. über einen sammelnden Proxy zu versehen. Dies vereinfacht auch die Nutzung von Web-Service-Funktionalitäten auf einfachen eingebetteten Systemen, die z.B. nur über serielle Schnittstellen angebunden sind.

Weitere Untersuchungspunkte betreffen die Performance von Web Services bei echtzeit- und bandbreitenkritischer Kommunikation und die Konzeption und Entwicklung alternativer Ansätze.

Die Generierung von Aufträgen an Agenten aus ERP-Systemen ist nicht Gegenstand die-

ses Projektes, da dies den Umfang des Vorhabens sprengen würde. Mit dem Projekt wird jedoch die Basis – gemäß einer „Bottom-Up“ Strategie – dafür gelegt, dass agentenbasierte, kollaborative Systeme auf einfache Weise erzeugt und darauf weitergehende Funktionen wie beispielsweise *ProVis.Agent* aufgebaut werden können. Der Schwerpunkt liegt auf der Einhaltung der Randbedingungen von eingebetteten Systemen und der Vorgaben des Echtzeitverhaltens sowie auf der benutzerfreundlichen Gestaltung der Plattform und der Werkzeuge.

Der zu entwickelnde Prototyp der Echtzeitplattform basiert auf Linux und einem Echtzeit-Linux (RTAI) und erfüllt somit das „Open-Source-Paradigma“. Dies entspricht dem aktuellen Trend eines vermehrten Einsatzes von Linux-basierten Automatisierungslösungen. Abbildung 2 zeigt, wie die übrige Welt heterogener Plattformen in die Echtzeitplattform einbezogen werden kann.

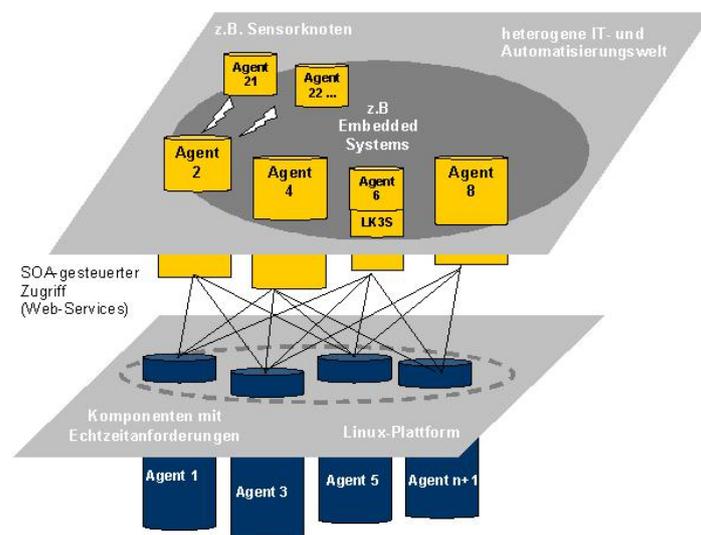


Abbildung 2: Einbindung von Echtzeit-Agenten und weiterer IT- und Automatisierungsplattformen

Es wird hier unterschieden zwischen der streng echtzeitorientierten Welt, die mit Linux-Komponenten und Ethernet-Anbindung mit Echtzeiterweiterungen kommuniziert. Darüber hinaus wird eine echtzeitnahe und verzögerte Kommunikation mit der übrigen IT und Automatisierungswelt ermöglicht. Dies geschieht durch einen SOA-Ansatz, wobei die durchzuführenden Untersuchungen wichtige Aussagen zur tatsächlich zu realisierenden Verzögerung und Performance dieses Ansatzes ggf. mit Optimierungen liefern soll. Die Anbindung von eingebetteten Systemen mit beschränkten Ressourcen und Kommunikationsmöglichkeiten kann beispielsweise durch Adapter bzw. über als Proxys fungierende Vollagenten geschehen. Dies ist in Abbildung 2 beispielhaft dargestellt durch den Agenten 6 (mit LK<sup>3</sup>S-Adapter) und den Agenten 2, der die transparente Verbindung zu den Agenten 21 und 22 ermöglicht. Auf diese Weise können sogar Systeme mit ausschließlich

seriellen oder drahtlosen Schnittstellen wie z.B. Sensorknoten integriert werden. So sind auch kleinste Systeme ohne TCP/IP-Unterstützung integrierbar und innerhalb der Entwicklungswerkzeuge konfigurierbar.

### 3 LK<sup>3</sup>S im Kontext aktueller Projekte

Die zu entwickelnde Laufzeitumgebung für agentenbasierte, kollaborative Fertigungssysteme für eingebettete Systeme muss selbstverständlich allen Normen der „Foundation for Intelligent Physical Agents“ (FIPA) genügen, damit die Interoperabilität mit anderen Systemen gewährleistet werden kann. Darüber hinaus sollte es auch PnP-fähig sein (Plug'n Play wie aus aktuellen PC-Systemen bekannt). Die Idee der Bildung von mechatronischen Objekten gilt es dabei auf die Agentensysteme zu übertragen. Eine Fertigungseinheit kann dann bereits mit Agenten versehen sein, die sich eigenständig über die Internet-Technologie „Simple Object Access Protocol“ (SOAP) parametrisieren und verständigen können. Auch Entwicklungen des semantischen WEB, wie sie mit der *Web Ontology Language* (OWL) möglich sind, können für die Kommunikation eingesetzt werden.

Der mit diesem Projekt vorgeschlagene Weg basiert auf einer mehrjährigen Entwicklung an einer durchgängigen Entwicklungsplattform *ems-drd* für mechatronische Objekte [SKWK04a, SGK<sup>+</sup>05, SGT<sup>+</sup>06, SKWK04b, SvCK<sup>+</sup>05, SvCG<sup>+</sup>06]. Sie umfasst alle Aspekte der Entwicklung bis hin zur automatischen Generierung einer Simulationsumgebung (digitale Fabrik). Sie bildet dabei auf eine *rt-dvm* (Real-time distributed virtual machine) ab, die die Sicht des Anwenders auf die unterliegende Hardware homogen erscheinen lässt. Die Ansprache der Aktoren und Sensoren erfolgt einheitlich über Botschaften, unabhängig von der unterliegenden Hardware. Diverse eingebettete Controller der Firmen Beckhoff, PhoenixContact, Siemens, Wago, etc. laufen mit *rt-dvm* im Verbund, so dass auch die Steuerungssoftware über Feldbusse Botschaften an nicht lokale Geräte benachbarter Knoten senden kann. Mit *ems-drd* lässt sich das System einfach konfigurieren, programmieren und simulieren. Die Treiber für die Ein- und Ausgabe sowie die der Feldbusse werden durch spezielle Prozesse, Geräte (*devices*) genannt, bedient. Sie wiederum empfangen und senden Botschaften an die Applikationstasks und sind somit prädestiniert für eine intelligente Überwachung der angeschlossenen Sensoren und Aktoren. Die verteilte, echtzeitfähige virtuelle Maschine abstrahiert auf unterster Ebene von der unterliegenden Hardware und kann daher bereits auf der untersten Ebene, Agenten bzw. Funktionen zur Unterstützung von Agenten aufnehmen.

### 4 Danksagung

Ein besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung als Sponsor des Projektes. Das BMBF fördert mit dem Programm **FHprofUnd** Verbünde an Fachhochschulen mit Unternehmen. Ein weiterer Dank geht an die im Projekt beteiligten Firmen Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Willert Software Tools GmbH, BeKa Engineering,

Schneider Electric und SENGATEC.

## Literatur

- [ARC02] ARC. Collaborative Manufacturing to Management Strategies. Bericht, ARC Advisory Group, Enterprise & Manufacturing Strategies for Industry Executives, Three Allied Drive, Dedham, MA 02026 USA, <http://ARCweb.com>, 11 2002.
- [ARC05] ARC. Collaborative Manufacturing: Driving Performance in the Flat World. Bericht, ARC Advisory Group, Enterprise & Manufacturing Strategies for Industry Executives, Three Allied Drive, Dedham, MA 02026 USA, <http://ARCweb.com>, 8 2005.
- [Bea98] J.G. Bollinger und et al. *VISIONARY MANUFACTURING CHALLENGES FOR 2020*. National Academy Press, Washington DC, 1998.
- [EC04a] EU-Commission, Hrsg. *MANUFACTURE — a vision for 2020 Assuring the future of manufacturing in Europe*, Luxembourg, 2004. Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 92-894-8322-9.
- [EC04b] EU-Commission. Towards an IST Strategy for Manufacturing. Bericht, EU-Commission, Draft Internal Report, 2004.
- [Fri05] T. L. Friedman. *The World is Flat, A Brief History of the Twenty-First Century*. Farrar, Strauss and Giroux, N.Y., 2005.
- [SGK<sup>+</sup>05] U. Schmidtman, Kreutz G., R. Koers, N.-P. Grimm, J. Robbe und B Wenker. Inkrementelle Entwicklung von Produktionsanlagen über gekapselte Mechatronik-Objekte. *GI Workshop über Echtzeitaspekte bei der Koordinierung Autonomer Systeme, PEARL2005 Boppard*, 1.-2. Dezember 2005.
- [SGT<sup>+</sup>06] U. Schmidtman, Kreutz G., Thomaschewski, R. J., Koers und B Wenker. Semantic-Web-Technologie für die ganzheitliche semantische Beschreibung von Mechatronikobjekten. *erscheint in GI Workshop über Echtzeit im Alltag, PEARL 2006*, 30. November -1. Dezember 2006.
- [SKWK04a] U. Schmidtman, G. Kreutz, B. Wenker und R. Koers. Eine echtzeitfähige, virtuelle Maschine auf heterogenen Automatisierungsklustern. *GI Eingebette Systeme, PEARL2004 Boppard*, Seiten 80–86, September 2004.
- [SKWK04b] U. Schmidtman, G. Kreutz, B. Wenker und R. Koers. *ems-drd – A new open platform for distributed realtime programming. Proceedings of the Second International Conference on Industrial Informatics INDIN'04*, Seiten 80–86, June 2004.
- [SvCG<sup>+</sup>06] U. Schmidtman, von Coelln, G. Kreutz G., J. Thomaschewski, B Wenker und R. Koers. Specification of Holistic Mechatronic Objects Based on Semantic Web Technology. *to appear in Proceedings ETFA'06 IEEE 11th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Prag*, September 2006.
- [SvCK<sup>+</sup>05] U. Schmidtman, G. von Coelln, G. Kreutz, B. Wenker und R. Koers. Incremental Development of Production Units Using HW/SW-Encapsulation and Simulation Supported by a Complete Toolset. *Proceedings ETFA'05 IEEE 10th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, 1:611–616, September 2005.