

Optimierung einer Embedded-Geräte-Entwicklung durch Einsatz von automatischer Code-Generierung am Beispiel von Genix bei Endress+Hauser

**Marc Baret
Endress+Hauser**

Die Entwicklung von Software, die für Messgeräte notwendig ist, wird zunehmend komplexer. Hierbei spielt nicht nur das Wachstum an Funktionalität die entscheidende Rolle, sondern auch die Unterstützung einer Vielzahl von Feldbussen mit ihren jeweiligen Besonderheiten. Für diese Feldbusse existieren jeweils mehrere unterschiedliche Bedien- und Leitsysteme, in welche die Messgeräte in Form von Gerätebeschreibungen (Software) integriert werden müssen. GeniX ist eine Komplettlösung, die innerhalb der Softwareentwicklung bei Endress+Hauser die zunehmende Komplexität beherrscht und gleichzeitig eine große geforderte Vielfalt abdeckt. Darüber hinaus erlaubt GeniX das Know-How abzusichern und unser "Time to Market" zu beschleunigen.

Der Vortrag soll die Funktionsweise und die Ziele von GeniX verdeutlichen.

Humanoide Fußballroboter

**Dr. Sven Behnke
Universität Freiburg**

Roboterfußball hat sich in den letzten Jahren als Leitproblem der Forschung im Bereich der Künstlichen Intelligenz etabliert. Dabei sind die Wahrnehmung der Spielsituation, die Kooperation im Team und die Umsetzung von Verhaltensentscheidungen wesentliche Teilaufgaben. Seit 2002 gibt es bei den von der RoboCup Federation ausgerichteten internationalen Wettbewerben auch eine Liga für humanoide Fußballroboter. Nachdem in den ersten Jahren der Liga Wettbewerbe im Elfmeterschießen und Wettlaufen stattfanden, gab es bei der WM2005 erstmals auch Fußballspiele mit Zweibeinern.

Im Vortrag stelle ich die Technik der humanoiden Fußballroboter vor. Ich gehe insbesondere auf das Freiburger Team NimbRo ein und werte die Ergebnisse des Robocup 2006 aus, der im Juni in Bremen stattfand.

Field Concentrator Based Resonant Magnetic Sensor

Simon Brugger

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

This talk reports a novel resonant magnetic sensor based on the combination of a mechanical resonator and a magnetic field concentrator with two gaps. In contrast to previous Lorentz force based resonant magnetic sensors, a high sensitivity is achieved without modulated driving current and complex feedback electronics. Furthermore, compared to magnetic moment based resonant magnetic sensors, the new concept requires no permanent magnet. A macroscopic proof of concept results in a high sensitivity of 140 kHz/T at a magnetic flux density of 1.5 mT.

GPS and INS Integration using Predictive Filters

Martin Cornils

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

This talk reports on the integration of a special inertial navigation system (INS) with GPS developed at the Department of Microsystems Engineering at the Albert-Ludwigs-University Freiburg (IMTEK) using predictive filters. In particular, a Kalman filter, extended Kalman filter, unscented Kalman filter and particle filter together with the corresponding mathematical models and algorithms are presented and analyzed with regard to their adequacy for the INS/GPS integration. Based on virtual sensor data, the simulations of the stand-alone INS and GPS systems as well as their integrations using the developed filters are programmed in MATLAB. The simulation results are verified by testing the implemented filters using an experimental setup.

On Energy-Efficient Broadcast Scheduling

Christian Gunia

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

Reducing energy consumption of mobile devices in order to prolong their operation time has been an interesting research topic in past years. In this talk we give an overview of reducing the energy consumption induced by unavoidable nearby-communication between self-sustaining agents. To this end we exploit the broadcast-nature of wireless communication. Primarily this talk will tackle the scheduling of these broadcasts to achieve a certain Quality-of-Service while sticking to a given energy limit.

Programmierst Du noch oder beschreibst Du schon? Vereinfachung von Softwareentwicklung durch den Einsatz von Metasprachen

**Sebastian Heidepriem
SICK AG**

Das Projekt SOPAS vereinheitlicht die Geräteintegration in verschiedene Automatisierungssysteme mittels einer eigens dafür entwickelten Beschreibungssprache für Gerätesoftware und Bedienoberflächen in XML. Bei der Entwicklung der Schnittstellen zu den Geräteentwicklern, zur Gerätesoftware (Embedded Software) und zu der generierten Bediensoftware spielten Akzeptanz und damit Überschaubarkeit und einfache Bedienbarkeit eine große Rolle.

Der Einsatz der Schema-Technik der W3C und des Schema-Design-Views des Authoring-Werkzeuges XMLSpy erleichterten die Entwicklung der Schnittstellen erheblich.

Der Vortrag zeigt den Vorteil der Modellierung von Metasprachen mit XML, Schemata und dem Schema-Design-View auf. Ferner werden Einzelheiten der Anwendung von XML in der Entwicklung bei SICK aufgezeigt. Dazu gehören nicht nur XML-Interpreter, Codegeneratoren und Transformatoren für andere Arten von Gerätebeschreibungen, sondern auch ein Parser, welcher C-Code in XML-Bäume überführt.

A Field Programmable Analog Array for Embedded Systems

Fabian Henrici

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

Analog filters are generally more energy efficient than their digital equivalents. Overall power consumption can therefore be reduced by shifting a part or all signal processing tasks into the analog front-end. A field programmable analog array ideally suited for the task at hand is presented and evaluated. It uses Gm-C filters arranged in a hexagonal grid allowing for complex filter structures. The structure and the filter coefficients can be reprogrammed digitally via boundary scan.

Fehlertolerante mechatronische Systeme

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Rolf Isermann
TU Darmstadt**

Bei mechatronischen Systemen werden rein mechanische, hydraulische oder pneumatische Komponenten durch elektrische und elektronische Komponenten ergänzt oder ersetzt. Sie bieten dadurch einen flexibel gestaltbaren und erweiterten Funktionsumfang. Wegen des im Vergleich zur Mechanik ungünstigeren Ausfallverhaltens für Sensorik, Elektronik, Aktoren und Software sind besonders für sicherheitskritische Anwendungen jedoch fehlertolerante Auslegungen erforderlich. In einer Einführung wird zunächst auf den Stand von fehlertoleranten Systemen mit mobilen Anwendungen und Rechnern eingegangen. Dann werden einige grundsätzliche fehlertolerante Strukturen mit Hardware- und analytischer Redundanz für Sensoren, Aktoren, Elektronik und Software angegeben und deren Degradationsverhalten beschrieben.

Als Beispiele werden verschiedene realisierte, fehlertolerante Systeme gezeigt, wie etwa ein fehlertoleranter Doppelsensor in einem E-Gas-Aktor, ein fehlertoleranter Asynchronmotorenantrieb mit Getriebe in verschiedenen Duplex-Anordnungen und die analytische Sensorredundanz für das querdynamische Verhalten eines PKW. Dabei werden die jeweilige Fehlererkennung und die Rekonfigurationsstrategie beschrieben. Diese ermöglichen es, die Funktion nach dem Auftreten von Fehlern mit nur kleinen Störungen des Betriebs aufrecht zu erhalten. Ferner wird die fehlertolerante Struktur eines brake-by-wire Systems gezeigt.

Implementierung und Verlustleistungsanalyse eines leistungsoptimierten Dezimators für kaskadierte Sigma-Delta A/D-Wandler

Niklas Lotze

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

Im Vortrag wird die Implementierung und Verlustleistungsanalyse eines leistungsoptimierten Dezimators für kaskadierte Sigma-Delta A/D-Wandler vorgestellt. Der gezeigte Ansatz integriert die für zeitkontinuierliche, kaskadierte Sigma-Delta-Wandler erforderliche Rekombinationslogik und Verstärkungsfehlerkorrektur in die erste Filterstufe. Die entsprechende Filtertopologie und die Ergebnisse einer Synthese für einem 0.18 μ m CMOS Prozess werden dargestellt. Ein Vergleich zwischen einer herkömmlichen Filterstruktur und der hier vorgestellten zeigt einen Effizienzgewinn um einen Faktor vier.

Ökonomische Umsetzung industrieller Produktlinien mit Fraunhofer PuLSE

Dr. Dirk Muthig

Fraunhofer Institut für Experimentelles Software-Engineering Kaiserslautern

Die Vorteile, die mit Produktlinienentwicklung assoziiert werden, sind bestechend: geringere Kosten, kürzere Entwicklungszeiten, höhere Qualität und individuelle Lösungen. Auch die dafür propagierten Konzepte zur Realisierung einer vorausschauenden, strategischen Wiederverwendung sind einleuchtend. Die Migration einer industriellen Organisation in der Praxis zu einer funktionierenden Produktlinieneinheit jedoch erscheint vielen zu riskant bzw. nicht realisierbar; wären doch nahezu alle Rollen, Prozesse und Dokumente von notwendigen Änderungen betroffen.

Dieser Vortrag zeigt Wege auf, wie sich Produktlinienmigrationen mittels inkrementeller Strategien realisieren lassen. Dabei werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, Inkremente einer Produktlinieneinführung sinnvoll zu definieren. Eine besondere Beachtung findet dabei die Analyse ökonomischer Aspekte, die für die Umsetzung von Produktlinien in der Industrie von entscheidender Bedeutung sind. Der Vortrag greift auf Erfahrungen mit Fraunhofer PuLSE (Product Line Software and System Engineering) aus diversen Industriekooperationen und praktischen Produktlinieneinführungen der letzten 8 Jahre zurück.

Robust Monte-Carlo Localization for Mobile Robots using Adaptive Sensor / Likelihood Models

Patrick Pfaff

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

In probabilistic mobile robot localization, the development of the sensor model plays a crucial role as it directly influences the efficiency and the robustness of the localization process. Sensor models developed for particle filters compute the likelihood of a sensor measurement by assuming that one of the particles accurately represents the true location of the robot. In practice, however, this assumption is often strongly violated, especially when using small sample sets or during global localization.

In the presentation a novel, adaptive sensor model that explicitly takes the limited representational power of particle filters into account will be introduced. As a result, our approach uses smooth likelihood functions during global localization and more peaked functions during position tracking. Experiments show that our technique significantly outperforms existing, static sensor models.

Mapping with an Autonomous Car using Multi-Level Surface Maps

Patrick Pfaff

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

The goal is to enable the car to autonomously navigate on roads while avoiding obstacles and while simultaneously learning an accurate three-dimensional model of the environment. To achieve these goals, we apply probabilistic state estimation techniques, network-based pose optimization, and a sensor-based traversability analysis approach.

In order to achieve fast map learning, our system compresses the sensor data using multi-level surface maps. The overall system runs on a modified Smart car equipped with different types of sensors. We present several results obtained from extensive experiments which illustrate the capabilities of our vehicle.

RF-IDs, Funksensoren und energieautarke Sensoren

Prof. Dr. Leonhard Michael Reindl
Universität Freiburg

Die steigende Nachfrage nach drahtlosen und automatischen Identifikations- und Sensorsystemen ist ungebrochen. Aufgabe der automatischen Identifikation ist es, Informationen zu Produkten oder auch Personen klar definiert so bereitzustellen, dass diese Daten maschinell erfasst und weiter verarbeitet werden können. Diese Systeme ermöglichen unter Anderem hohe Effizienzsteigerungspotenziale bei der Steuerung von logistischen Abläufen in vielen Industriebereichen. Diese Technik soll die traditionelle Lösung wie Barcode oder Optical Character Recognition (OCR) zukünftig ersetzen.

Eine drahtlose Übertragung von Identifikationsdaten wird technisch durch ein sogenanntes RFID-System (RFID=Radio Frequency IDentification) ermöglicht. Ein RFID-System besteht aus zwei Komponenten, einem Transponder und einem Lesegerät. Der Transponder, der auch als Tag bezeichnet wird, beinhaltet unter anderem eine Identifikationsnummer über das Objekt, auf dem es angebracht ist. Auf Anfrage des Lesegerätes wird per Funk vom Transponder mit Hilfe des Backscatter-Verfahrens die Identifikationsdaten gesendet. Beim Backscatter-Verfahren wird durch Impedanzänderungen an der Empfangsantenne des Transponders ein Rückstreuungseffekt an einem Teil der ankommenden elektromagnetischen Welle verursacht. Wird die Impedanzänderung im Takt des zu übertragenden Datenstroms ein- und ausgeschaltet, entsteht ein amplitudenmoduliertes Signal, das von der Antenne des Lesegeräts aufgenommen werden kann. Dadurch muss vom Transponder selbst keine eigene Sendeleistung aufgewendet werden, die Transponder sind passiv. Die Energie im Transponder kommt ausschließlich aus dem elektromagnetischen Feld, das vom Lesegerät gesendet wird. Aufgrund der beschränkten Energie, die bei steigender Entfernung aus dem elektromagnetischen Feld entnommen werden kann, ist die Reichweite derartiger Systeme limitiert.

Weitaus größere Reichweiten können mit batteriegestützten Funksensoren erzielt werden. Diese Systeme enthalten in der Regel einen eigenen Energiespeicher und ein dazugehöriges Energiemanagementsystem zusammen mit einer eingebetteten Logik, einer Funkschnittstelle, sowie Sensor- und Aktorfunktionen. Zur Datenübertragung zwischen einzelnen Funksensoren und zu einer eventuellen Basisstation kommt meist ein genormtes Funksystem zum Einsatz. Dadurch kann mit diesen Systemen ein komplexes Sensor- / Aktornetzwerk mit einer verteilten Regelung realisiert werden. Derartige Funksensoren werden derzeit weltweit intensiv untersucht. Der Schwerpunkt der Forschung liegt dabei auf der Minimierung des Energieverbrauchs, vor allem der Funkschnittstelle, auf dem Echtzeitverhalten derartiger Systeme und bei Aufweckstrategien. Leitapplikationen dieser verteilten Sensornetze liegen in der dezentralisierten medizinischen Überwachungs- und Interventionstechnik, im Produktions- und Transportwesen, sowie in der Gebäudeautomatisierung. Die beiden Institute für Informatik und für Mikrosystemtechnik der Universität Freiburg erhielten 2005 eine Förderung für ein Graduiertenkolleg mit etwa 15 Stipendiaten auf diesem technologisch und wirtschaftlich äußerst zukunftssträchtigen Gebiet. Limitierend für den

Einsatz batteriegestützter Funksensorsysteme ist ihr relativ hoher Energiebedarf, wodurch die Einsatzdauer noch stark beschränkt wird.

Diese technologische Hürde versuchen so genannte „Mikro-Energy Harvest-Systeme“ zu überwinden, indem sie latente Umgebungsenergie zur Versorgung der elektronischen Schaltung einsetzen. Diesem Ansatz liegt die Erkenntnis zugrunde, dass nur Orte und Prozesse, die sich weitab vom thermodynamischen Gleichgewicht befinden, überwacht und geregelt werden müssen. Dieser thermodynamische Ungleichgewichtszustand könnte prinzipiell zur Energiewandlung in elektrische Energie genutzt werden. Die Forschung auf dem Gebiet der „Mikro-Energy Harvest-Systeme“ befindet sich noch im Anfangsstadium. Erste technische Systeme, die mechanische oder thermische Energie ausnutzen, befinden sich schon auf dem Markt. Das Institut für Mikrosystemtechnik der Universität Freiburg erhielt vor kurzem eine Förderung für ein Graduiertenkolleg mit etwa 20 Stipendiaten auf diesem äußerst zukunftsreichen Gebiet.

Fusion of Sensors and Actuators on an Autonomous Blimp

Axel Rottmann / Matthias Sippel

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

We want to present the potential of embedded microsystems in context of an autonomous blimp. To address the challenges of tiny microsystems with a weight less than 150g, low power consumption, and high reliability the graduate school Embedded Microsystems develops a platform to evaluate different techniques and their possibilities. Some approaches are power management strategies, real time operating systems, efficient classification techniques, wireless communication with mobile sensor nodes, wake up strategies for these sensor nodes, filter aided inertial and absolute position measurement, and the implementation of customized sensors.

The goal of this evaluation is to build efficient microsystems which are able to interact with their environment through different sensors and actuators and solve localization, planning, and other fundamental tasks which are required for intelligent behavior.

Modellbasierte Softwareentwicklung für eingebettete Systeme auf der Basis von UML

**Prof. Dr. Wilhelm Schäfer
Universität Paderborn**

Am Beispiel eines anspruchsvollen mechatronischen Projekts, der Neuen Bahntechnik Paderborn, das in enger Kooperation von Informatikern, Maschinenbauern und Elektrotechnikern zur Produktreife geführt werden soll, werden die Vor- und Nachteile modellbasierter Vorgehensweisen bei der Softwareentwicklung erläutert. Wir gehen dabei, aufgrund ihrer Aktualität, insbesondere auf UML-basierte Ansätze ein. Am Beispiel der in Paderborn teilweise in Kooperation mit lokalen Automobilzulieferfirmen entwickelten Mechatronic-UML werden Potential und Möglichkeiten der modellbasierten Entwicklung illustriert. Der Vortrag wird durch die Vorführung eines entsprechenden Werkzeugs, das das beschriebene Vorgehen unterstützt, abgerundet.

A System for Determining the Impact of Mechanical Stress on the Reliability of MEMS

Stefan Spinner

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

This presentation reports on an experimental test system which enables the automated analysis of mechanical stress impact on the reliability of microelectromechanical systems (MEMS). With this system, in-situ electrical characterization and optical inspection are performed while subjecting MEMS devices to defined mechanical loads. With this highly flexible system reliability tests, postmanufacturing tests and stress screens can be performed on single chips as well as on whole wafers with diameters up to 6 inch.

Softwareentwicklung in komplexen Systemen am Beispiel TV

**Dr. Uwe Strohbeck
Micronas GmbH**

Die Entwicklung eines modernen TV-Gerätes stellt höhere Anforderungen an die technische Realisierung als dies vordergründig den Anschein hat. Insbesondere in der Unterhaltungselektronik gilt es, technisch komplizierte Vorgänge dem Anwender in sehr einfacher Form bereitzustellen. Darüber hinaus gilt es, den Erwartungen eines TV-Benutzers hinsichtlich Systemstabilität und Zukunftssicherheit über die gesamte Lebensdauer eines TV-Gerätes (ca. 8 Jahre) Rechnung zu tragen. Um jedoch wettbewerbsfähige Produkte zu entwickeln, sind alle Aspekte eines Entwicklungszyklus hohen Anforderungen ausgesetzt, so dass die technischen Aspekte nicht isoliert betrachtet werden können.

Der Vortrag gibt einen Einblick in ein aktuelles Entwicklungsprojekt bei Micronas. Es werden im ersten Teil des Vortrages auszugsweise die technischen Anforderungen und das Realisierungskonzept erläutert. Im zweiten Teil des Vortrages wird aufgezeigt, wie die „*Non Functional Requirements*“ hinsichtlich „*Multi-Site & Multi-Team Project Management*“, „*Testability*“ und „*IP Protection*“ bedient werden.

Concepts for Self-Adaptive Automotive Network Architectures

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
Universität Erlangen**

Today's embedded systems, especially in the automotive area, are typically distributed. Here, problems of integration, reliability, and time-varying applications and user demands require to rethink the design and integration of hardware and software. A major requirement to enhance integration and extendability is adaptivity. Existing methodologies that optimize the partitioning of computational tasks to hardware and software at compile time become obsolete or inefficient in this context as the optimal use of existing resources cannot be foreseen. Here, we investigate novel strategies that solve the problem of hardware/software partitioning online: Once there are changing computational demands, the system should be able to dynamically adapt the assignment of functionality implemented in hardware or software to network nodes. Moreover, online hardware/software partitioning can be applied to reestablish functionality in case of node or link defects at no or very low additional cost, and thus provide fault-tolerance.

As an example, we present a demonstrator network called ReCoNets which is based on reconfigurable devices such as FPGAs together with internal CPU cores. With this network and the corresponding operating infrastructure, it is possible to assign tasks implemented in either hardware or software, dynamically to the resources in the network without global control or interaction.

The application of a fault-tolerant driver-assistance system is used as a case study of the benefits of self-adaptive networking in the car.

Energy Harvesting für Mikrosysteme – ein Überblick

**Prof. Dr.-Ing. Peter Woias
Universität Freiburg**

Der Einsatz verteilter Mikrosysteme hängt unmittelbar von einer zuverlässigen, technisch möglichst einfachen und langlebigen Energieversorgung der dezentralen Systemknoten ab. Forschung und Entwicklung auf diesem außerordentlich wichtigen Gebiet stehen derzeit am Anfang und sind bisher noch wenig auf die Gegebenheiten eines verteilten Mikrosystems ausgerichtet. Der vorliegende Beitrag gibt einen knappen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik im Bereich Energy Harvesting. Er zeigt darüber hinaus die spezifischen Gegebenheiten auf, die ein „Micro Energy Harvesting“, d.h. die lokale „Gewinnung“ von Energie für einen Mikrosystem-Knoten erfüllen muss und benennt Perspektiven für die weitere Forschung und Entwicklung.

Vom eingebetteten Test zur eingebetteten Diagnose

**Prof. Dr. Hans-Joachim Wunderlich
Universität Stuttgart**

Der Test integrierter Systeme mit Millionen von Transistoren stellt hohe Anforderungen bezüglich der Größe der Testsätze, der Testdurchführungszeit, der Testgeschwindigkeit und der diagnostischen Auflösung. Diesen Herausforderungen kann man dadurch begegnen, dass man die Systeme vermehrt mit zusätzlichen Strukturen zur Unterstützung des Tests ausstattet und so die externen Testgeräte entlastet. Solche Strategien beginnen bei recht einfachen Kompressions- und Dekompressionsverfahren für die Testdaten und reichen bis zu einem vollständig autonomen Selbsttest. Häufig führen die Verfahren jedoch zu einer reduzierten diagnostischen Auflösung.

Der Vortrag gibt einen Überblick über Techniken, den Test in ein System einzubetten ohne die diagnostischen Fähigkeiten zu beeinträchtigen. Eine derartige eingebaute Selbstdiagnose findet ihren Einsatz im Fertigungstest, zur Systemcharakterisierung, zur Analyse von Rückläufern und auch im Prototyping. Schließlich dient sie auch zur Implementierung von Fehlertoleranz und zur Steuerung einer Selbstrekonfiguration.

Full Virtualization of Embedded Microsystems

Thorsten Zitterell

Graduiertenkolleg „Embedded Microsystems“, Universität Freiburg

Virtual machines provide an environment to run a guest operating system inside a host system and can emulate various embedded platforms – from simple microcontrollers to complex systems with peripheral devices, a memory management unit, etc. With machine emulators software can be rapidly tested, profiled, and debugged without the emulated hardware to be existent and, therefore, they are an important tool for software development in the field of embedded microsystems.

This talk gives an overview of different software virtualization techniques. We show how the open-source machine emulator QEMU can be extended to support an existing platform which is based on the Intel XScale core and discuss possible approaches for energy profiling, performance measurements, and evaluation of real-time behaviour with simulators.