

Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme

Unser Forschungsinteresse ist der systematische Entwurf und die Analyse von Computern, welche nicht in erster Linie als Computer wahrgenommen werden. Dies ist eine Definition für *eingebettete Systeme* - welche uns auf vielfältigste Art und Weise begegnen, von miniaturisierten Hörgeräten über Röntgengeräte, Handys, Airbag-Controller, ABS-Bremsen bis zu Fly-by-Wire Flugzeugen. Solche Systeme müssen typischerweise nicht nur die richtigen Ausgaben an die Umwelt liefern, sondern dies auch rechtzeitig tun - es handelt sich hierbei also um *Echtzeitsysteme*. Von besonderem Interesse für uns sind die *reaktiven Systeme*, welche kontinuierlich auf (überwiegend diskrete) Eingabeereignisse aus ihrer Umwelt mit entsprechenden Ausgabeereignissen reagieren.

Auch wenn die Anzahl eingebetteter Echtzeitsysteme inzwischen deutlich die der „klassischen“ Computer übersteigt, ist dies aus Sicht der Informatik ein noch relativ junges Themengebiet. In der Vergangenheit wurden solche Systeme weitgehend von Anwendungsexperten ohne ausgeprägte Informatikgrundlagen entwickelt, welches sich aber aufgrund der ansteigenden Komplexität der zu entwickelnden Systeme als immer weniger praktikabel erweist. An der Christian-Albrechts-Universität wurde der Lehrstuhl für Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme 2001 erstmalig besetzt.

Ergebnisse

Laufende Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung reaktiver eingebetteter Echtzeitsysteme. Schwerpunkte hierbei sind

- Modellbasierter Entwurf reaktiver und verteilter Systeme
- Codesynthese für die synchrone Programmierung
- Reaktive Prozessoren

Die Arbeiten zum **modellbasierten Entwurf reaktiver Systeme** konzentrieren sich auf die Entwicklung intelligenter Modelleditoren, welche vorgegebene Entwurfsrichtlinien automatisch überprüfen und auch in der Lage sind, graphische Modelle aus textuellen, formal begründeten Sprachen zu synthetisieren. Am Lehrstuhl werden hierfür entsprechende Verfahren entwickelt und mit Hilfe des Modellierungswerkzeuges KIEL (Kiel Integrated Environment for Layout) validiert.

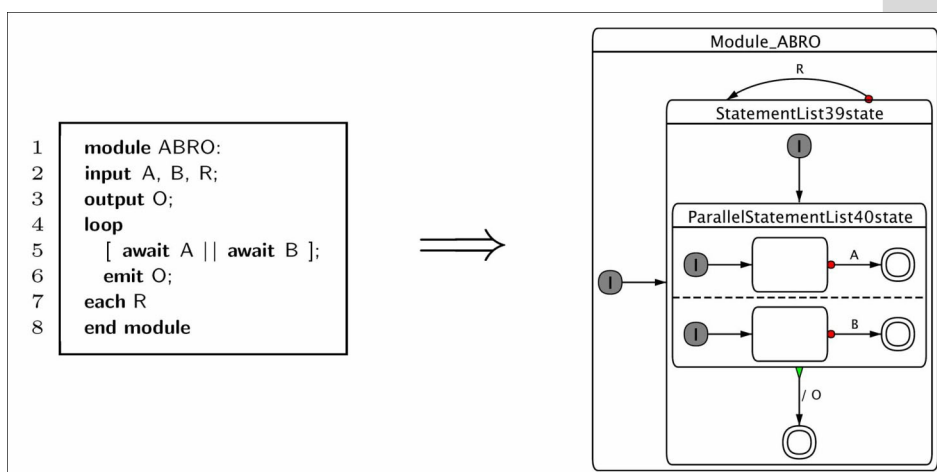


Abb. 1: Synthese von Statecharts aus Esterel mit KIEL.

Die Arbeiten zum **modellbasierten Entwurf verteilter Systeme** befassen sich mit zeitgesteuerten, verteilter Architekturen, basierend auf dem synchronen Paradigma; dies wird am Lehrstuhl auch in Zusammenarbeit mit EADS Airbus und im

Rahmen des in 2004 begonnenen Projektes DECOS (Dependable Embedded Components and Systems) des sechsten EU-Rahmenprogramms untersucht.

Für die **Codesynthese für die synchrone Programmierung** befassen wir uns insbesondere mit Codeanalyse- und Transformationsverfahren, welche die effiziente Synthese sogenannter konstruktiver Programme erlauben, insbesondere für die Sprache Esterel.

Reaktive Prozessoren sind darauf ausgerichtet, mit minimalem Ressourceneinsatz ein reaktives Verhalten zu implementieren, welches in Funktionalität und Echtzeitverhalten deterministisch und formal analysierbar ist. Der am Lehrstuhl entwickelte Kiel Esterel Prozessor (KEP) ist ein reaktiver Prozessor, mittlerweile in der dritten Generation, welcher nebenläufige Programmierung durch Multithreading unterstützt und sich insbesondere durch minimalen Stromverbrauch auszeichnet.



Abb. 2: Exkursion zur b + m Informatik AG

Personal

Leiter/-innen: Prof. Dr. Reinhard von Hanxleden; Sekretariat: Gesa Walsdorf (50%)

Technisches Personal: Isabella Cembrowski

Wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen:

Dipl.-Inf. Hauke Fuhrmann	01.07.-31.12.2005	DECOS
Dipl.-Inf. Jan Lukoschus	01.01.-31.12.2005	CAU
Dipl.-Inf. Steffen Prochnow	01.01.-31.12.2005	CAU
Dipl.-Phys. Alwin Stengel	01.01.-31.12.2005	CAU

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2004/2005

Entwurf eingebetteter Echtzeitsysteme, 4 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Reinhard von Hanxleden

Seminar - Synchroner Sprachen, 2 Std. Seminar/Woche,
Jan Lukoschus (+ Reinhard von Hanxleden)

Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme, 2 Std. Oberseminar/Woche,
Reinhard von Hanxleden (+ Alwin Stengel)

Codesynthese aus Esterel, 4 Std. Praktikum/Woche,
Jan Lukoschus

Sommer 2005

Systemorientierte Informatik II - Organisation und Architektur von Rechnern, 3 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/
Woche,
Reinhard von Hanxleden (+ Alwin Stengel)

Modellbasierter Entwurf und Verteilte Echtzeitsysteme, 4 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Reinhard von Hanxleden (+ Steffen Prochnow)

Zuverlässigkeit von Software in sicherheitskritischen Systemen, 2 Std. Seminar/Woche,
Reinhard von Hanxleden (+ Wolfgang Goerigk)

Oberseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
Reinhard von Hanxleden

Automatische Flippersteuerung, 4 Std. Praktikum/Woche,
Jan Lukoschus

Winter 2005/2006

Synchrone Sprachen, 4 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
Reinhard von Hanxleden (+ Claus Traulsen)

Modellbasierter Systementwurf, 2 Std. Seminar/Woche,
Steffen Prochnow

Oberseminar, 2 Std. Seminar/Woche,
Reinhard von Hanxleden

Modellbahnpraktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,
Hauke Fuhrmann (+ Steffen Prochnow)

Drittmittel

EU, *Integrated Project Dependable Embedded Components and Systems (DECOS)*, 01.07.2004-30.06.2007 (127500
EUR)

50 Jahre
1950-2000

Weitere Zusammenarbeiten, Technologietransfers und Konsultationen

Zusammenarbeit mit EADS Airbus, Hamburg, zum modellbasierten Entwurf verteilter, zeitgesteuerter Echtzeitsysteme.

Konsultationen mit der Philips Medical Systems GmbH, Hamburg.

Diplom- und Master-Arbeiten

- H. Fuhrmann, *Model-Based Design of Distributed Time-Triggered Architectures*, 15.04.2005
- T. Kloss, *Automatisches Layout von Statecharts unter Verwendung von Graph Viz*, 03.05.2005
- F. Lüpke, *Implementierung eines Statechart-Editors mit layoutbasierten Bearbeitungshilfen*, 13.06.2005
- B. Lüdemann, *Synthesis of human-readable Statecharts from Sequence Diagrams in the ROOM Environment*, 25.08.2005
- H. Janz, *Fehlertoleranter Massenspeicher Weltraum-Festplatte*, 31.10.2005
- A. Posor, *Erweiterung von KIEL um Stateflow-Charts*, 16.12.2005
- H. Theman, *Methoden zur Analyse und Verbesserung der Robustheit von Legacy Software*, 22.12.2005

Veröffentlichungen

erschienen im Jahre 2005

- Stephen A. Edwards, Nicholas Halbwachs, Reinhard von Hanxleden, Thomas Stauner, *04491 Executive Summary, Synchronous Programming - SYNCHRON'04*, Dagstuhl Seminar Proceedings, (2005)
- Hauke Fuhrmann, Jens Koch, Jörn Rennhack, Reinhard von Hanxleden, *The Aerospace Demonstrator of DECOS, Workshop on Dependable Embedded Components and Systems at the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, (2005)
- Reinhard von Hanxleden, *Modellierung Reaktiver Systeme - Statecharts und Synchroner Sprachen*, Peter Liggesmeyer and Dieter Rombach, Eds., Software Engineering für Eingebettete Systeme, Spektrum Akademischer Verlag, (2005)
- Xin Li, Reinhard von Hanxleden, *The Kiel Esterel Processor - A Semi-Custom, Configurable Reactive Processor, Synchronous Programming - SYNCHRON'04*, Dagstuhl Seminar Proceedings, (2005)
- Xin Li, Reinhard von Hanxleden, *KEP2 (Kiel Esterel Processor 2)*, Technischer Bericht 0506, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, (2005)
- Xin Li, Reinhard von Hanxleden, *A Concurrent Reactive Esterel Processor Based on Multi-Threading*, Technischer Bericht 0509, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, (2005)
- Xin Li, Jan Lukoschus, Marian Boldt, Michael Harder, Reinhard von Hanxleden, *An Esterel Processor with Full Preemption Support and its Worst Case Reaction Time Analysis*, Proceedings of the International Conference on Compilers, Architecture, and Synthesis for Embedded Systems (CASES), **09/05**, 225 - 236 (2005)
- Jan Lukoschus, Reinhard von Hanxleden, *Removing Cycles in Esterel Programs*, Synchronous Programming - SYNCHRON'04, Dagstuhl Seminar Proceedings, 2005. Internationales Begegnungs- und Forschungszentrum (IBFI), (2005)
- Jan Lukoschus, Reinhard von Hanxleden, *Removing Cycles in Esterel Programs*, Technischer Bericht 0502, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Informatik und Praktische Mathematik, (2005)
- Jan Lukoschus, Reinhard von Hanxleden, *Removing Cycles in Esterel Programs*, International Workshop on Synchronous Languages, Applications and Programming (SLAP'05), (2005)

Präsentationen

- Jan Lukoschus, *Removing Cycles in Esterel Programs*, International Workshop on Synchronous Languages, Applications and Programming (SLAP'05), Edinburgh, GB, 03.-03.04.2005

Reinhard von Hanxleden, *Graphical Modeling of Complex Reactive Systems*, Kolloquium des Fachbereichs Informatik, Universität Salzburg, Salzburg, Österreich, 05.-05.04.2005

Reinhard von Hanxleden, *Worst Case Reaction Time Analysis for a Reactive Processor Based on Esterel*, Kolloquium der Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik, Universität Bamberg, Bamberg, Deutschland, 07.-07.07.2005

Hauke Fuhrmann, *The Aerospace Demonstrator of DECOS*, Workshop on Dependable Embedded Components and Systems at the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems at the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Wien, Österreich, 13.-13.09.2005

Reinhard von Hanxleden, *An Esterel Processor with Full Preemption Support and its Worst Case Reaction Time Analysis*, International Conference on Compilers, Architecture, and Synthesis for Embedded Systems (CASES), San Francisco, USA, 24.-27.09.2005

Steffen Prochnow, Claus Traulsen, *KIEL - Textual and Graphical Representations of Statecharts*, The 12th Synchronous Workshop, SYNCHRON'05, Malta, Malta, 21.-25.11.2005

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Beteiligung mit zwei Exponaten (Roboterpositionierung, invertiertes Pendel mit Lego Mindstorms) an den Techniktagen im Sophienhof (13.-15.1.2005).

Beteiligung mit zwei Exponaten (Roboterpositionierung, Modellbahn) am Girls'Day 2005 (28.4.2005)

Exkursion zur b + m Informatik AG, Melsdorf (8.2.2005)

Exkursion zu Philips Medical Systems, Hamburg (14.7.2005)

A. Stengel:

Organisation des Vorkurses Informatik 2005 (10.-14.10.2005)

R. von Hanxleden:

Mitherausgeberschaft der Dagstuhl Seminar Proceedings 04491, Synchronous Programming - SYNCHRON'04, 2005

Tätigkeit als Vertrauensdozent für das DaimlerChrysler Stipendiatenprogramm

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Instituts für Informatik und Praktische Mathematik

Institutvertretung des Geschäftsbereichs Öffentlichkeitsarbeit (bis 31.8.2005)

Informatik
 und
 Praktische
 Mathematik