

Wolfgang A. Halang
Olaf Spinczyk (Hrsg.)

Betriebssysteme und Echtzeit

Echtzeit 2015

Fachtagung des gemeinsamen Fachausschusses
Echtzeitsysteme von
Gesellschaft für Informatik e.V. (GI),
VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungs-
technik (GMA) und
Informationstechnischer Gesellschaft im VDE (ITG)
sowie der Fachgruppe Betriebssysteme von GI und ITG
Boppard, 12. und 13. November 2015

GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK E.V.



VDE

VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik

ITG

**INFORMATIONSTECHNISCHE
GESELLSCHAFT IM VDE**



Springer Vieweg

Herausgeber

Wolfgang A. Halang
Lehrstuhl für Informationstechnik
FernUniversität in Hagen
Hagen, Deutschland

Olaf Spinczyk
Lehrstuhl Informatik XII
Technische Universität Dortmund
Dortmund, Deutschland

Programmkomitee

M. Baunach	Graz
B. Beenen	Lüneburg
V. Cseke	Wedemark
W.A. Halang	Hagen
H. Heitmann	Hamburg
R. Kaiser	Wiesbaden
D. Lohmann	Erlangen
J. Richling	Hagen
M. Roitzsch	Dresden
M. Schaible	München
O. Spinczyk	Dortmund
H. Unger	Hagen
M. Werner	Chemnitz
D. Zöbel	Koblenz

Netzstandort des Fachausschusses Echtzeitsysteme: www.real-time.de

Netzstandort der Fachgruppe Betriebssysteme: www.betriebssysteme.org

CR Subject Classification (2001): C3, D.4.7

ISSN 1431-472X

ISBN 978-3-662-48610-8 e-ISBN 978-3-662-48611-5

DOI 10.1007/978-3-662-48611-5

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe
Springer Science+Business Media

www.springer-vieweg.de

Vorwort

Was ist ein Elefant? Die scherzhafte Antwort auf diese Frage, nämlich eine Maus mit einem Betriebssystem, ist ganz typisch für den Stand der Dinge und widerspricht völlig den Anforderungen, die der erste Unterzeichner vor 40 Jahren als Gasthörer in einer Vorlesung über Betriebssysteme an der Universität Dortmund, wo der zweite Unterzeichner heute tätig ist, gelernt und auch seither nicht mehr vergessen hat:

- effizient,
- verlässlich,
- unauffällig.

Insbesondere die letztgenannte Anforderung erfüllen heutige Betriebssysteme in keiner Weise. Hinzu kommt, daß um den Massenmarkt der im Büro- und Privatbereich eingesetzten Betriebssysteme hart gekämpft wird – ein Kampf, der oft Züge eines Glaubenskrieges annimmt. Um durch Bereitstellung von immer mehr Funktionalitäten neue Versionen verkaufen zu können, werden Betriebssysteme immer voluminöser und büßen so an Effizienz und Verlässlichkeit ein.

Gerade diese beiden Eigenschaften sind jedoch für Echtzeitsysteme und oft sicherheitsgerichtete eingebettete Systeme entscheidend. Weil sie auf denselben Hardware-Plattformen aufgebaut sind wie Büro- und Privatrechner, brauchen sie Programme, die zusammen mit den Eigenschaften von Digitalrechnern die Grundlagen ihrer möglichen Betriebsarten bilden und insbesondere die Programmabarbeitung steuern und überwachen, was genau der Definition von Betriebssystemen nach der Norm DIN 44300 entspricht.

Es sind also Betriebssysteme, die aus Digitalrechnern erst Echtzeitsysteme machen, indem sie die internen Abläufe in einer Betriebsart steuern, die die fundamentale Anforderung Rechtzeitigkeit erfüllt und dabei auch Effizienz und Verlässlichkeit gewährleistet.

Aufgrund dieser Bedeutung hat die Fachtagung Echtzeit in ihrer langen Geschichte schon mehrere Male das Hauptaugenmerk auf Echtzeitbetriebssysteme gelegt. Neu in diesem Jahr ist, dieses im Rahmen einer gemeinsamen Veranstaltung zusammen mit der Fachgruppe Betriebssysteme der Gesellschaft für Informatik und der Informationstechnischen Gesellschaft zu tun, die nach langem Vorlauf nun endlich zustandegekommen ist.

Der aktuelle Grund, das Thema Echtzeitbetriebssysteme erneut aufzugreifen, ergibt sich durch die stark wachsende Bedeutung der Vernetzung eingebetteter Systeme, die sich auch an Trends wie Cyber-Physical Systems oder Industrie 4.0 festmachen läßt. Diese Entwicklungen führen zu steigender Komplexität von Echtzeitsystemen und ihrer Betriebssysteme sowie zu der Frage, wie sich Echtzeitfähigkeit und Verlässlichkeit auch unter den Bedingungen oft nicht-deterministischen, fehleranfälligen und angreifbaren Netzverkehrs gewährleisten lassen und wie Echtzeitbetriebssysteme dabei trotzdem weiterhin kompakt bleiben können.

Im Rahmen der Steuerung industrieller Abläufe und von Verbrennungsmotoren widmen sich die ersten Beiträge der systematischen Validierung der Echtzeiteigenschaften mit verteilten Zustandsautomaten formulierter Software und deren Genauigkeit sowie einer Umgebung, die es ermöglicht, insbesondere im Hinblick auf den zukünftigen Einsatz von Mehrkernprozessoren die Reaktivität von und die Interaktion zwischen einer Fülle von Software-Modulen zu untersuchen, wie sie für Steuergeräte in der Kraftfahrzeugtechnik heute typisch sind.

Weil man Verlässlichkeit besser konstruktiv in der Architektur verankert, statt sie hinterher nachzuweisen, werden eine Prozessorarchitektur für sicherheitsgerichtete Echtzeitsysteme, die alle internen Ausfallmöglichkeiten erkennt und weitgehend toleriert, eine zeit- und rechenintensive Kognitions- mit Echtzeitregelungsmodulen integrierende Architektur für fernüberwachte kooperierende Roboter sowie ein Ansatz vorgestellt, der die Replikation virtueller Maschinen zur hochverfügbaren Programmabsicherung dadurch für den Echtzeiteinsatz nutzbar macht, daß die Replikationszeitpunkte explizit vorgegeben werden können.

Es werden ein gestuftes Zuteilungsverfahren für Anwendungen mit weichen Echtzeitanforderungen sowie a priori unbekanntem und dann schwankenden Ressourcenbedarf, das Konzept abgeschirmter Abschnitte, das wartefreie Synchronisation von Echtzeitprozessen und damit latenzminimierte Betriebssystemkerne ermöglicht, sowie ein Betriebssystem entworfen, das bspw. in Automobilen durch konstruktive Fehlervermeidung und -toleranz als robuste Ausführungsumgebung auf unzuverlässiger Hardware dienen soll.

Mit verteilten Echtzeitsystemen beschäftigen sich Beiträge über Segmentierung parallelisierbarer Berechnungen nach einem Fork-Join-Prinzip, um sie dann auf Mehrkernprozessoren mit einfach determinierbarem Verhalten auszuführen, über automatisierte Analyse aus ereignisorientierter Sicht entworfener Echtzeitsysteme durch Abbildung auf zeitgesteuerte verteilte Systeme und über Erweiterung des AUTOSAR-Betriebssystems um ein Konzept zur kollaborativen, problematische Zustände vermeidenden Verwaltung der in Mehrkernsystemen den einzelnen Tasks zugeordneten Ressourcen.

Schließlich sind die preisgekrönten studentischen Abschlußarbeiten der Abschätzung des maximalen Energieverbrauchs eingebetteter Systeme mit Hilfe impliziter Pfadaufzählung oder genetischer Algorithmen, einer Testsuite zur Überprüfung von PEARL-Sprachsystemen auf Normenkonformität insbesondere hinsichtlich Operatoren, Synchronisation und Tasking sowie der bei Echtzeitsystemen wegen ihres vorhersehbaren Verhaltens möglichen gemeinsamen Analyse des Kontrollflusses von Anwenderprogrammen und Betriebssystemkern gewidmet.

Frau Dipl.-Ing. Jutta Düring gebührt unser herzlicher Dank dafür, daß sie zum wiederholten Male die Einreichungen redigiert und den vorliegenden Band konsistent und ansprechend gestaltet hat.

Inhaltsverzeichnis

Testen von Echtzeitsystemen

- Testen von Echtzeiteigenschaften für verteilte Ablaufsteuerungen 1
Matthias Jurisch, Kai Beckmann
- EMSBench: Benchmark und Testumgebung für reaktive Systeme 11
Florian Kluge, Theo Ungerer

Systemarchitekturen

- Prozessorarchitektur zum Einsatz unter sicherheitsgerichteten
Echtzeitbedingungen 21
Daniel Koß
- SAKKORO. Eine generische, echtzeitfähige Systemarchitektur für
kognitive, kooperierende Roboter 31
Adrian Leu, Danijela Ristić-Durrant, Axel Grüser
- CPS-Remus: Eine Hochverfügbarkeitslösung für virtualisierte
cyber-physische Anwendungen 39
Boguslaw Jablkowski, Olaf Spinczyk

Entwurfsaspekte

- Ein hierarchisches Scheduling-Modell für unbekannte Anwendungen
mit schwankenden Ressourcenanforderungen 49
Vladimir Nikolov, Franz J. Hauck, Lutz Schubert
- Wartefreie Synchronisation von Echtzeitprozessen mittels abgeschirmter
Abschnitte 59
Gabor Drescher, Wolfgang Schröder-Preikschat
- dOSEK: Maßgeschneiderte Zuverlässigkeit 69
Martin Hoffmann, Florian Lukas, Christian Dietrich, Daniel Lohmann

Verteilte Systeme

- Ein Fork-Join-Parallelismus in einer gemischt-kritischen
Mehrprozessorumgebung 79
Marc Bommert
- React in Time: Ereignisbasierter Entwurf zeitgesteuerter verteilter Systeme 89
*Florian Franzmann, Tobias Klaus, Fabian Scheler, Wolfgang Schröder-
Preikschat, Peter Ulbrich*

Collaborative Resource Management for Multi-Core AUTOSAR OS	99
<i>Renata Martins Gomes, Fabian Mauroner, Marcel Baunach</i>	

Graduiertenwettbewerb

Energieverbrauchsanalyse mittels impliziter Pfadaufzählung und genetischer Algorithmen	109
<i>Peter Wägemann</i>	

Testanwendungen zur Überprüfung des PEARL-Sprachsystems auf Sprachkonformität	119
<i>Christian Ritzler</i>	

Globale Kontrollflussanalyse von eingebetteten Echtzeitsystemen	128
<i>Christian Dietrich, Martin Hoffmann, Daniel Lohmann</i>	