

Berichte aus der Automatisierungstechnik

Alain Thierry Chamaken Kamde

**Model-Based Cross-Design for Wireless Networked
Control Systems with Limited Resources**

Modellgestütztes Cross-Design für funkbasierte
Regelungssysteme mit beschränkten Ressourcen

D 386 (Diss. Technische Universität Kaiserslautern)

Shaker Verlag
Aachen 2013

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2013

Copyright Shaker Verlag 2013

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2014-4

ISSN 0945-4659

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Model-Based Cross-Design for Wireless Networked Control Systems with Limited Resources

Modellgestütztes Cross-Design für funkbasierte Regelungssysteme mit beschränkten Ressourcen

English: This work shall provide a foundation for the *Cross-Design* of wireless networked control systems with limited resources. A *Cross-Design* methodology is devised, which includes principles for the modeling, analysis, design, and realization of low cost but high performance and intelligent wireless networked control systems. To this end, a framework is developed in which control algorithms and communication protocols are jointly designed, implemented, and optimized taking into consideration the limited communication, computing, memory, and energy resources of the low performance, low power, and low cost wireless nodes used. A special focus of the proposed methodology is on the prediction and minimization of the total energy consumption of the wireless network (i.e. maximization of the lifetime of wireless nodes) under control performance constraints (e.g. stability and robustness) in dynamic environments with uncertainty in resource availability, through the joint (offline/online) adaptation of communication protocol parameters and control algorithm parameters according to the traffic and channel conditions. Appropriate optimization approaches that exploit the structure of the optimization problems to be solved (e.g. linearity, affinity, convexity) and which are based on Linear Matrix Inequalities (LMIs), Dynamic Programming (DP), and Genetic Algorithms (GAs) are investigated. The proposed *Cross-Design* approach is evaluated on a testbed consisting of a real lab plant equipped with wireless nodes. Obtained results show the advantages of the proposed *Cross-Design* approach compared to standard approaches which are less flexible.

German: Diese Arbeit soll die Grundlage für das *Cross-Design* von funkbasierten Regelungssystemen mit beschränkten Ressourcen legen. Es wird eine *Cross-Design* Methodik entwickelt, welche gleichzeitig die Ebenen Control (Regelalgorithmus), Communication (Protokolle) und Computing (Energie, Speicherkapazität und Rechenleistung) betrachtet. Ziel dieser Methodik ist der gemeinsame Entwurf von Regelungsalgorithmen und Kommunikationsprotokollen, die aufeinander abgestimmt werden, unter Berücksichtigung von beschränkten Ressourcen, wie Rechenleistung, Energievorrat und Speicherkapazität, der eingesetzten Funkknoten. Eines der Hauptziele ist die Vorhersagbarkeit und Optimierung der Lebensdauer der Funkknoten bei gleichzeitiger Einhaltung einer Mindestregelgüte in dynamischen Umgebungen mit Unsicherheiten bei der Verfügbarkeit von Ressourcen, durch eine gemeinsame (offline/online) Anpassung der Reglerparameter und Protokollparameter an Kanal- und Traffic-Zustände. Methodisch gesehen werden unterschiedliche Formen der Optimierung unter Einhaltung von Nebenbedingungen und Betrachtung der Eigenschaften (z.B. Linearität, Affinität, Konvexität) untersucht, sowohl auf Basis der Linearen Matrixungleichungen (LMIs), Dynamische Programmierung (DP), als auch der Genetischen Algorithmen (GAs). Die Garantie einer Mindestlebensdauer der Funkknoten bzw. deren Optimierung ist dabei das Hauptziel. Die vorgeschlagene *Cross-Design* Methodik wird an einem Testbed, bestehend aus einer realen Regelstrecke und ausgewählten Funkknoten, evaluiert. Ergebnisse zeigen die Vorteile des *Cross-Design-Ansatzes* gegenüber Standardansätzen, die weniger flexibel sind.