



Doctoral Thesis

Entwicklungsmethodik für SPS-gesteuerte mechatronische Systeme

Author(s):

Bathelt, Jens

Publication Date:

2007

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005350621> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Entwicklungsmethodik für SPS-gesteuerte mechatronische Systeme

Abhandlung
zur Erlangung des Titels

Doktor der Technischen Wissenschaften
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von

Jens Bathelt

Dipl. Technomathematiker, Universität Duisburg

geboren am 3. Juni 1968

von Dortmund-Hörde, Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Konrad Wegener, Referent

Prof. Dr. Jürgen Gausemeier, Korreferent

2006

Zusammenfassung

In der Mechatronik stellt das gemeinsame Entwickeln - vor allem domänenübergreifend - eine Herausforderung dar. Traditionell werden SPS-gesteuerte mechatronische Systeme wie z.B. Textil- oder Verpackungsmaschinen zuerst in der mechanischen Konstruktion mittels MCAD entworfen, bevor die SPS in der Steuerungstechnik programmiert wird. Dadurch wird das Potential der Steuerungstechnik anfangs vernachlässigt. Die ungenügende Synchronisation der Domänen führt zusätzlich zu inkonsistenten Entwürfen, wodurch zusätzliche Kosten- und Zeitaufwände generiert werden.

In der vorliegenden Arbeit wird eine Entwicklungsmethodik für SPS-gesteuerte mechatronische Systeme vorgestellt, in der die Steuerungstechnik bereits in der frühen Konzeptphase methodisch einbezogen und mit der Konstruktion während des Entwicklungsprozesses synchronisiert wird. Schon bei der Beschreibung der notwendigen Funktionalität des Systems können mit der in dieser Arbeit präsentierten *Erweiterten Funktionsstruktur* (EFS) nicht nur die klassischen Funktionen des elektromechanischen Subsystems der Konstruktion, sondern auch die Ablauflogik der SPS abgebildet werden.

Neben existierenden Methoden zur Modularisierung und Konkretisierung des elektromechanischen Subsystems um den Konstruktionsentwurf im CAD einzuleiten, wird eine neue Methode zur Initialisierung des Entwurfs in der Steuerungstechnik vorgestellt. Diese Methode erlaubt das automatisierte Ableiten eines genormten SPS-Programms ausgehend von der interdisziplinär erstellten EFS.

Änderungen der Aktorik oder Sensorik betreffen sowohl den CAD-Entwurf, als auch das SPS-Programm. Da diese Änderungen in der domänenspezifischen Entwurfssoftware durchgeführt und nicht systematisch der jeweils anderen Domäne kommuniziert werden, kommt es zu inkonsistenten Komponentenentwürfen. Basierend auf der EFS wird ein neuer Ansatz zur Identifikation der interdisziplinären Auswirkungen solcher Änderungen vorgestellt.

Auf Basis der VDI-Richtlinie, die eine Entwicklungsmethodik für allgemeine mechatronische Systeme beschreibt, wird in dieser Arbeit das Erstellen und Nutzen der EFS in ein planmässiges Vorgehen der VDI 2206 über vordefinierte Prozessbausteine eingebettet. Dadurch wird aufge-

zeigt, wie eine Parallelisierung der Steuerungstechnik mit der Konstruktion im Entwicklungsprozess erreicht werden kann. Einer der Prozessbausteine fokussiert dabei auf die effiziente Erstellung virtueller Prototypen. Es werden Arbeitsschritte definiert, die zu einer Verknüpfung der SPS-Software mit der CAD-Geometrie über die in der EFS gesammelten Daten zur verwendeten Aktorik und Sensorik führen.

Für den Entwurf SPS-gesteuerter mechatronischer Systeme hat sich das CAD in der Konstruktion und die SPS-Programmierungsumgebung in der Steuerungstechnik bewährt. Eine Software zur domänenübergreifenden Konzeption fehlt. Das hierfür neu entwickelte Tool ELVAN (EarLy Virtual mAchine applicatioN) unterstützt die neuen Methoden zur interdisziplinären Beschreibung des Konzeptes und fügt sich in die bestehende Softwarelandschaft zur Entwicklung SPS-gesteuerter mechatronischer Systeme ein.

Anhand einer Textilmaschine wird die vorgestellte Entwicklungsmethodik exemplarisch erläutert. Zuerst wird in der Software ELVAN die EFS der Maschine formuliert. Anschliessend wird gezeigt, wie die EFS mit Hilfe von ELVAN für den domänenspezifischen Entwurf genutzt werden kann. Das Ableiten eines virtuellen Prototypen der Textilmaschine aus den Daten der ELVAN, des CAD und der SPS-Programmierungsumgebung runden diese Fallstudie ab.

Insgesamt zeigt diese Arbeit auf, wie die Steuerungstechnik gemeinsam mit der Konstruktion durch die Verwendung der EFS ein SPS-gesteuertes mechatronisches System effizient und parallel entwickeln kann.

Abstract

The collaboration when developing mechatronic products - in particular across the domain borders - is challenging. Mechatronic systems controlled by a PLC, like textile or packaging machines, are usually designed sequentially. Firstly, the mechanical engineer is working on the machine concept and building the MCAD model, followed by the control engineer implementing the software for the control. The potential of the control software is neglected in the early design phase due to that sequential procedure. In addition, the lacking synchronisation between the domains leads to inconsistencies in the design, implying higher costs and a longer development time.

This work presents a design methodology for mechatronic systems controlled by a PLC, where the control engineers are methodically involved in the early conceptual phase and synchronized with the mechanical engineers throughout the development process. The developed *Extended Function Structure* (EFS) does not only contain the traditional functions of the electromechanical subsystem, but also control sequences of the PLC.

A new method to initialise the domain-specific embodiment design uses the data collected in the EFS. The control engineer can derive a standardised PLC-program from the EFS automatically. It is shown how the mechanical engineer can combine existent methods to derive modules and concretising the electromechanical subsystem with the EFS in order to start CAD modelling.

Changing actuators or sensors has an impact on the PLC-program and the CAD-model. Those changes are carried out either by the control or the mechanical engineer in the domain-specific software and not transmitted systematically to the other domain. An approach based on the EFS shows how to identify the impact caused by changes crossing the domain.

The VDI-guideline 2206 describes a design methodology for mechatronic systems in general. The definition and usage of the EFS is embedded into the structured procedure of the VDI 2206 by the definition of predefined process modules. This shows how to enable concurrent engineering throughout the development process. One of the process modules describes how to setup a virtual prototype efficiently. The defined working steps are leading to a linkage between the

PLC-software and the CAD-geometry by the data from the used actuators and sensors collected in the EFS.

Established tools during the domain-specific embodiment design phase are CAD-Systems and the PLC-programming environment. A tool supporting the common conceptual design phase is missing. ELVAN (EarLy Virtual mAchine applicatioN) is filling that gap. It supports the new methods based on the EFS and harmonises with established design tools to develop mechatronic systems controlled by a PLC.

A case study does exemplify the presented design methodology by the use of an textile machine. Firstly, the EFS for the machine is modelled in ELVAN. Secondly, it is shown how the domain-specific embodiment design can gain by the usage of the EFS defined in ELVAN. Finally, a virtual prototype of the textile machine is derived from the data collected in ELVAN, the CAD-model and the PLC-programming environment.

In summary, this work has shown how the control and the mechanical engineer can collaborate efficiently and concurrently by using the EFS when developing a mechatronic system controlled by a PLC.