

Jürgen Gausemeier
Ansgar Trächtler
Wilhelm Schäfer

Semantische Technologien im Entwurf mechatronischer Systeme

Effektiver Austausch von Lösungswissen
in Branchenwertschöpfungsketten

unter Mitarbeit von

Harald Anacker, Frank Bauer, Holger Borchering, Stefan Dziwok, Ursula Frank,
Rudolf Herden, Gerd Hoppe, Viktor Just, Markus Kiele-Dunsche, Daniel Kruse,
Felix Oestersötebier, Josef Papenfort, Uwe Pohlmann, Hendrik Reddehase, Jan Rieke,
Thomas Schierbaum, Lars Seifert, Heiko Stichweh, Heinrich Teichrieb, Robert Wagner,
Sebastian Wessels

HANSER

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einführung | 9 |
| 1.1 | Herausforderung Entwurf mechatronischer Systeme | 10 |
| 1.2 | Verbundprojekt ENTIME | 15 |
| 1.3 | Hinweis für den Leser | 21 |
| | Literatur zu Kapitel 1 | 22 |
| 2 | Grundlagen | 25 |
| 2.1 | Begriffsdefinitionen | 25 |
| 2.1.1 | Intelligente Mechatronik | 25 |
| 2.1.2 | Modell | 29 |
| 2.1.3 | Domänenspezifische Sprache (DSL) | 32 |
| 2.2 | Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme | 36 |
| 2.2.1 | Frühzeitiger modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme | 36 |
| 2.2.2 | Modellbasierter Entwurf der Systemdynamik | 39 |
| 2.2.3 | Entwurf von Softwarestruktur und ereignisdiskretem Zeitverhalten (Ab- laufsteuerung) | 47 |
| 2.2.4 | Modell-Transformationen und Quellcode-Generierung | 51 |
| 2.2.5 | Die Modellierungssprache Modelica | 52 |
| 2.3 | Wissensrepräsentation mit Hilfe semantischer Technologien | 54 |
| 2.3.1 | Externalisierung des Lösungswissens | 54 |
| 2.3.2 | Das Semantic Web als Weiterentwicklung des World Wide Web | 55 |
| 2.3.3 | Wissensbasierte Systeme | 58 |
| 2.3.4 | Ontologien | 59 |
| 2.3.5 | Inferenzmechanismen | 61 |
| 2.3.6 | Werkzeuge für das Semantic Web | 62 |
| | Literatur zu Kapitel 2 | 64 |
| 3 | Instrumentarium und dessen praktische Anwendung an einem Demonstrator | 69 |
| 3.1 | Anwendungsbeispiel: Kooperierende Delta-Roboter | 71 |
| 3.2 | Vorgehensmodell | 73 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.2.1 | Prozessmodellierung OMEGA | 73 |
| 3.2.2 | Referenzprozess ENTIME | 75 |
| 3.3 | Spezifikationstechniken | 83 |
| 3.3.1 | CONSENS | 83 |
| 3.3.2 | MechatronicUML | 90 |
| 3.4 | Aufbereitung von Lösungswissen für das Semantic Web | 99 |
| 3.4.1 | Physikalische Lösungselemente | 100 |
| 3.4.2 | Lösungselemente der Softwaretechnik | 111 |
| 3.4.3 | Lösungsmuster für den Systementwurf | 123 |
| 3.4.4 | Infrastruktur für das Semantic Web | 132 |
| 3.5 | Systementwurf mit Hilfe von Lösungsmustern aus dem Semantic Web | 142 |
| 3.5.1 | Funktionsorientierte Suche nach Lösungsmustern | 142 |
| 3.5.2 | Methode zur Formalisierung von Anforderungen | 149 |
| 3.5.3 | Systementwurf mit Hilfe von Lösungsmustern aus dem Semantic Web ... | 154 |
| 3.6 | Frühzeitige integrierte Analyse des Systemverhaltens | 165 |
| 3.6.1 | Modelica-Bibliotheken für die Modellierung | 165 |
| 3.6.2 | Abbildung der Partialmodelle nach Modelica | 172 |
| 3.6.3 | Idealisierter Entwurf der Systemdynamik | 177 |
| 3.7 | Entwurf und Ausarbeitung mit Hilfe von Lösungselementen aus dem Semantic Web | 194 |
| 3.7.1 | Auswahl disziplinübergreifend relevanter Lösungselemente | 195 |
| 3.7.2 | Ausarbeitung und Analyse der Regelung | 203 |
| 3.7.3 | Ausarbeitung und Analyse der ereignisdiskreten Softwareanteile (Ab- laufsteuerung) | 210 |
| 3.8 | Detaillierte integrierte Analyse des Systemverhaltens | 222 |
| 3.8.1 | Integration der Regelungs- und Softwaremodelle | 223 |
| 3.8.2 | Validierung der Systemdynamik mittels detailliertem Modell | 226 |
| 3.9 | Durchgängige Werkzeugunterstützung | 229 |
| 3.9.1 | IT-Architektur | 229 |
| 3.9.2 | Mechatronic Modeller | 231 |
| 3.9.3 | Embedded Modeller | 232 |
| 3.9.4 | Technische Realisierung | 237 |
| 3.9.5 | Prototypische Werkzeugunterstützung zur Anbindung von Dymola | 237 |
| | Literatur zu Kapitel 3 | 239 |

4 Praxisberichte245

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.1 | WP Kemper – Konzipierung eines neuen Transportsystems für eine Knetanlage | 246 |
| 4.1.1 | Ausgangssituation und Problemstellung | 246 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.1.2 | Zielsetzung und Konzeption | 247 |
| 4.1.3 | Realisierung | 248 |
| 4.1.4 | Erfahrungen | 254 |
| 4.2 | Miele – Modellbasierter Entwurf eines neuartigen Waschverfahrens | 257 |
| 4.2.1 | Ausgangssituation und Problemstellung | 257 |
| 4.2.2 | Zielsetzung und Konzeption | 258 |
| 4.2.3 | Realisierung | 259 |
| 4.2.4 | Erfahrungen | 264 |
| 4.3 | Lenze – Modellbasierte Auslegung und Auswahl semantisch aufbereiteter Antriebe | 267 |
| 4.3.1 | Ausgangssituation und Problemstellung | 267 |
| 4.3.2 | Zielsetzung und Konzeption | 269 |
| 4.3.3 | Realisierung | 272 |
| 4.3.4 | Erfahrungen | 280 |
| 4.4 | Beckhoff Automation – Lösungselementaufbereitung und Erprobung | 284 |
| 4.4.1 | Ausgangssituation und Problemstellung | 284 |
| 4.4.2 | Zielsetzung | 285 |
| 4.4.3 | Realisierung | 285 |
| 4.4.4 | Anwendung der ENTIME-Entwicklungsmethoden am Beispiel einer Sortieranlage | 290 |
| 4.4.5 | Erfahrungen | 294 |
| | Literatur zu Kapitel 4 | 297 |
| 5 | Resümee und Ausblick | 299 |
| | Index | 303 |