

# Frame-basierte Wissensrepräsentation

zur Konfigurierung, Analyse und Diagnose technischer Systeme

Lothar Hotz

In der Dissertation „Frame-basierte Wissensrepräsentation zur Konfigurierung, Analyse und Diagnose technischer Systeme“ [5] wird eine für die drei traditionellen KI-Aufgaben gemeinsame Wissensrepräsentation herausgearbeitet und an verschiedenen Anwendungsgebieten exemplarisch verdeutlicht. Weiterhin wird für eine effektive Verarbeitung eine neue parallele Programmierweise entwickelt – die strukturorientierte parallele Programmierung. Ihre Verwendung wird anhand der KI-Aufgaben skizziert.

## 1 Übersicht

Technische Systeme wie z.B. elektrische Schaltungen oder software-intensive Systeme in Kraftfahrzeugen sind durch eine hohe Anzahl von voneinander abhängenden Komponenten geprägt. Dabei sind der Herstellungsprozess mit der Zusammensetzung der Systeme aus unterschiedlichen Teilkomponenten, die Analyse für die Bestimmung der Funktionsweise im OK- und Fehlerfall und die Diagnose für die Identifikation vorhandener Fehlfunktionen wesentliche Teilaufgaben im Lebenszyklus eines Systems. Die KI-Gebiete Konfigurierung, Analyse und Diagnose betrachten die erwähnten Teilaufgaben meist unter der Verwendung von wissensbasierten Verfahren.

Wissensbasierte Verfahren unterstützen diese Aufgaben mittels zweierlei Modellen: Ein *Domänenmodell* fasst das Wissen über einen Gegenstandsbereich (Domäne) und damit *mehrerer* Systeme zusammen, während ein *Produktmodell* nur für *ein* technisches System (Produkt) gilt. Im Domänenmodell sind daher Beschreibungen von Objekttypen der Objekte eines Gegenstandsbereichs mit ihren Gemeinsamkeiten, Unterschieden, Beziehungen, Funktionsweisen und Fehlern enthalten; im Produktmodell sind Beschreibungen konkreter Objekte eines Gegenstandsbereichs (auch *Domänenobjekte*) enthalten. Im Domänenmodell werden Variabilitäten wie die unbestimmte Anzahl von Teilen repräsentiert. Im Produktmodell werden diese Variabilitäten für die Beschreibung eines konkreten Produkts festgelegt (z.B. die genaue Anzahl der Teile).

Die Erstellung eines Domänenmodells erfolgt über einen Wissensakquisitionsprozess, der aus einem informellen Teil (der Wissensextraktion zur Modellskizze) und einem formellen Teil (der Domänenrepräsentierung) besteht. Die Erstellung des Produktmodells wird durch Konfigurierungsverfahren oder hier verallgemeinert zu *strukturorientierten Modellkonstruktionsverfahren* unterstützt. Die Analyse ermöglicht eine systematische qualitative Simulation der Funktionsweisen des Systems anhand des Produktmodells. Der sich hieraus ergebende Fehlerbaum wird für die Diagnose des real verwendeten Produkts herangezogen (vgl. Abbildung 1).

In dieser Arbeit wird eine umfassende Sicht gegeben, so dass die Aufgabenbereiche voneinander profitieren können. Dazu wird eine frame-basierte Wissensrepräsentationssprache entwickelt (*Component Description Language CDL*), die die wesentlichen Repräsentationsmerkmale für die Konfigurierung, Analyse und Diagnose zusammenfasst, und die Bearbeitung dieser Aufgaben durch Inferenzverfahren unterstützt.

Neben zahlreichen Anwendungsbeispielen aus unterschiedlichen Domänen wie der Szeneninterpretation und der Analyse elektrischer Schaltungen wird gezeigt, wie ein frame-basiertes Domänenmodell auf parallele Architekturen

abgebildet werden kann, um eine effektive Verarbeitung zu ermöglichen. Hierfür wesentlich ist die Entwicklung einer neuen strukturorientierten Programmierung, die es erlaubt anwendungsnahe und parallele Konstrukte transparent zu koppeln.

So ergeben sich folgende wesentliche Beiträge dieser Arbeit:

- Verwendung einer frame-basierten Sprache zur Repräsentation eines Domänen- und Produktmodells
- Unterstützung der Modellkonstruktion, Analyse und Diagnose durch Inferenzverfahren
- Effektive Verarbeitung wissensbasierter Verfahren auf parallelen Rechnerarchitekturen mittels einer neuen strukturorientierten Programmierung

## 2 Merkmale der Component Description Language CDL

CDL liefert die Verbindung einer ausdrucksstarken objektorientierten Repräsentation für die Darstellung von Konzepten (*Frames*) mittels Spezialisierungsrelation, strukturellen Relationen, Zustandsbeschreibungen, Verbindungsstrukturen und Parametern mit der Repräsentation von mehrstelligen Relationen über Constraints. Weiterhin werden über Objektdeskriptoren für Intervalle und Aufzählungstypen einfache Datentypen und Konzepte gekoppelt. Diese Repräsentationen werden durch Intervallarithmetik, logische Schlussweisen und Constraint-Propagation als Inferenzverfahren verarbeitet.

Durch grundlegende Modellierungsverfahren wird die Verwendung von CDL für die Erstellung von Domänenmodellen beschrieben. Dazu werden

- die Modellierung mittels struktureller Relationen, die die Existenz von Beschreibungen im Produktmodell bestimmen,

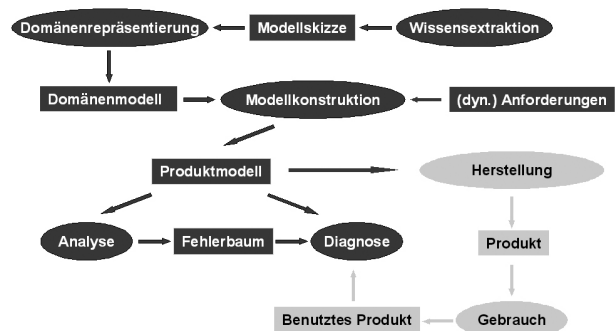


Abb. 1: Aufgaben und Modelle in einem wissensbasierten Prozess. Dunkel unterlegt sind die in der Dissertation behandelten Themen.

- die Verwendung von Top-Level-Ontologien, die Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Domänen vereinen,
- die Erstellung von Domänenmodellen mittels eines neu entwickelten Kategorisierungsansatzes,
- die Modellierung mit Constraints und
- die Modellierung von CDL mittels CDL detailliert erläutert.

### 3 Modellkonstruktion, Analyse und Diagnose

CDL liefert mit den genannten Repräsentationsmitteln und Inferenzverfahren eine Basis für die Konstruktion von Produktmodellen, Analyse und Diagnose. Während für die Analyse und Diagnose durch CDL die notwendigen Wissensarten repräsentierbar sind, wird für die Modellkonstruktion Wissen über das Vorgehen (prozedurales Wissen) als Erweiterung von CDL hinzugefügt.

Die so zusammengestellten ausdrucksstarken Repräsentationsmittel werden auf unterschiedliche Anwendungsgebiete angewandt. So dient die Modellkonstruktion u.a. der Interpretation von Videoszenen, in dem beobachtete Evidenz in Szenen mit hypothetisierten Objekten zu einer Szenenbeschreibung (einem Modell) vereint werden. Durch die Kopplung von Top-Down- und Bottom-Up-Strukturierungen, spontanen Intanziierungen während der Modellkonstruktion und die Verschmelzung von Objektbeschreibungen werden bekannte Verfahren aus der wissensbasierten Konfigurierung erweitert.

Für die Analyse, die als wesentliches Ziel die Ermittlung der Auswirkungen von Systemzuständen (OK- oder Fehlermodi) auf beobachtbare Größen hat, wird gezeigt, wie mittels CDL eine qualitative Modellierung und Arithmetik für elektrische Schaltungen implementiert werden kann. Die so berechnete Ursachen-Wirkungsbeziehung wird als Basis für die Berechnung kostenoptimierter Fehlerbäume herangezogen. Diese können dann der Diagnose technischer Systeme dienen.

### 4 Abhängigkeitsanalyse und parallele Verarbeitung

Durch das Domänenmodell und die Inferenzverfahren von CDL werden alle Beziehungen zwischen Objekten und die für die Verarbeitung notwendigen Teilschritte deklarativ dargestellt. Diese Offenlegung der Beziehungen von Domänenobjekten kann als Basis für eine parallele Verarbeitung, z.B. der Modellkonstruktion, herangezogen werden, denn hierfür sind die Abhängigkeiten der Teilschritte untereinander wesentlich. In der Arbeit wird die Abhängigkeitsanalyse für CDL-Domänenmodelle und für die in der strukturorientierten Modellkonstruktion verwendeten Inferenzverfahren durchgeführt.

Um jedoch eine einfache Programmierung paralleler Maschinen zu ermöglichen, ist es notwendig Abstraktionen einzuführen, die parallele Aspekte wie die Verteilung und Synchronisation von Teilaufgaben für den Anwendungsprogrammierer transparent machen. Hierfür werden zwei Schritte vorgenommen: die Einführung paralleler Abstraktionen, die Kontrollflüsse paralleler Programme durch Operationen auf Strukturen abstrahieren (Strukturebene) und die Entwicklung der verteilten objektorientierten Programmiersprache NetCLOS, die aktive, entfernte Objekte in die objektorientierte Sprache Common Lisp Object System (CLOS) einführt. Es wird

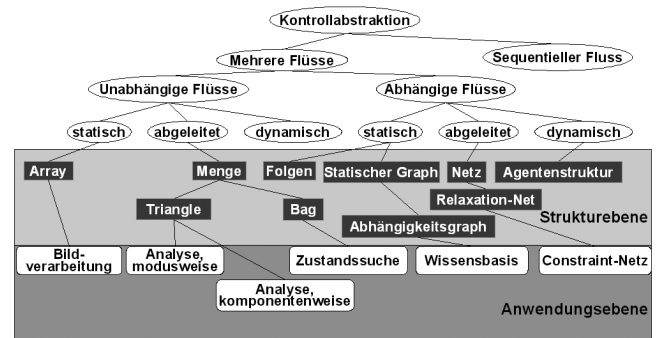


Abb 2: Die Strukturebene stellt Strukturen zur Verfügung, die inhärent parallel verarbeitet werden können.

gezeigt, wie Abhängigkeitsstrukturen durch die Strukturebene (vgl. Abbildung 2) repräsentiert werden können und so eine parallele Modellkonstruktion realisiert werden kann.

## 5 Zusammenfassung

Die Arbeit zeigt die Verwendung einer Wissensrepräsentationssprache im Rahmen mehrerer industrieller Anwendungen. Durch die umfassende Sichtweise werden die Möglichkeiten, die eine deklarative Wissensrepräsentation liefert, in unterschiedlichen Aufgaben industrieller Organisationen aufgezeigt. Weiterhin werden Übersichten und Vergleiche zu anderen Arbeiten im Bereich Konfigurierung, Diagnose, Ontologien, Constraints und paralleler Verarbeitung gegeben. Wesentliche grundlegende Vorarbeiten sind [1,2,3,4,6].

## Literatur

- [1] R. Cunis, A. Günter und H. Strecker (Hrsg.). Das PLAKON-Buch. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1991
- [2] A. Günter. Flexible Kontrolle in Expertensystemen zur Planung und Konfigurierung in technischen Domänen. Dissertation Universität Hamburg, Infix-Verlag, Dissertationen zur KI, Band 3, 1991.
- [3] L. Hotz, P. Struss und T. Guckenbiehl (Hrsg.). Intelligent Diagnosis in Industrial Applications. Shaker Verlag, 2000
- [4] L. Hotz, K. Wolter, T. Krebs, S. Deelstra, M. Sinnema, J. Nijhuis und J. MacGregor. Configuration in Industrial Product Families - The ConIPF Methodology. IOS Press, 2006
- [5] L. Hotz. Frame-basierte Wissensrepräsentation zur Konfigurierung, Analyse und Diagnose technischer Systeme PhD thesis, infix, DISKI, 2009
- [6] H. Milde. Qualitative Analyse von Störungen in elektrischen Systemen. DISKI 271, Sankt Augustin, 2001

## Kontakt

Lothar Hotz  
 HITeC e.V.  
 Universität Hamburg, Fachbereich Informatik  
 22527 Hamburg  
 Tel.: 040 / 42883-2605  
 hotz@informatik.uni-hamburg.de



Lothar Hotz ist Projektleiter am Hamburger Informatik Technologie Center (HITeC) der Universität Hamburg. Seine Forschungsthemen sind wissensbasierte Konfiguration, Wissensrepräsentation, Constraints, Diagnose, Höhere Bildverarbeitung, qualitative Simulation, parallele Verarbeitung und objekt-orientierte Programmiersprachen.