

Verteiltes Planen mittels selbstorganisierender Objektnetzwerke

Ein neuer Ansatz zur automatischen Arbeitsplangenerierung

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

HANSJÜRG ALDER
Dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 19. April 1955
von Umäsch / AR

Angenommen auf Antrag von :

Prof. Dr. M. Mansour, Referent
Prof. Dr. A. Büchel, Korreferent

Zürich 1991

i.O
M. Mansour
14.2.92

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein neuer Ansatz zur Lösung von nichtlinearen und nichtmonotonen Planungsproblemen in wissensintensiven Bereichen vorgestellt. Dieser Ansatz basiert auf einem dynamisch generierten "selbstorganisierenden Objekt-Netzwerk", welches den Plan mit all seinen Parametern und Abhängigkeiten repräsentiert.

Planungsaufgaben sind im Rahmen von Fabrikautomationsvorhaben von zentraler Bedeutung, da sich die Automatisierung zunehmend vom Maschinenniveau in Richtung Anlageführung bis hin zum Produktions-Management verlagert. Innerhalb eines CIM-Konzeptes kommt der automatisierten Arbeitsplangenerierung eine besondere Bedeutung zu, da sie als Bindeglied zwischen Konstruktion und Fertigung Basis-Informationen für die meisten anderen CIM-Bausteine liefert. Das einleitende Kapitel beschäftigt sich mit der Bedeutung dieses Bindeglieds, ohne dessen Realisierung keine durchgehende Fabrikautomation möglich ist.

Kapitel 2 geht in allgemeiner Form auf Definitionen und Charakteristiken von Planungsproblemen ein. Dabei werden prinzipielle Schwierigkeiten der Plangenerierung wie Nichtlinearität, Nichtmonotonität, Komplexität etc. erläutert.

Das anschließende Kapitel soll ein Überblick über verschiedene Lösungsansätze aus den Bereichen Informatik, Operation Research und Künstliche Intelligenz vermitteln.

Im Hauptteil der Arbeit (Kapitel 4) wird eine neue Planungsmethode vorgestellt, die als "verteilttes Planen mittels selbstorganisierender Objekt-Netzwerke" bezeichnet werden kann. Dieser Teil enthält vier Schwerpunkte: Der erste Schwerpunkt führt in die Idee der Planungsmethode ein, indem diese mit dem Lösen eines Puzzles verglichen wird. Danach folgt eine formale Beschreibung mit Hilfe eines 6-geteilten Graphen. In dieser Darstellung werden sechs verschiedene Knotentypen definiert, denen unterschiedliche Repräsentationsaufgaben zugeordnet werden. Relationen zwischen den Knoten werden zur Beschreibung der Operationsabhängigkeiten verwendet. Der dritte Schwerpunkt behandelt den Aufbau und die dynamische Modifikation des Objekt-Netzwerks. Dies kann durch einen Algorithmus beschrieben werden, der im wesentlichen aus den drei Teilen: Generieren neuer Knoten, Rückwärtsableiten von unbekanntem Knoten und Vorwärtspropagieren von Knotenänderungen besteht. Der Abschluss von Kapitel 4 bildet ein Diskussionsteil, wo anhand von Beispielen verschiedene praktische Aspekte der Plangenerierung veranschaulicht und analysiert werden.

Kapitel 5 beschäftigt sich mit Möglichkeiten der Planoptimierung. Dazu wird ein Verfahren vorgestellt, das als "Schwachstelleneliminationsverfahren" bezeichnet werden kann.

Der letzte Teil der Arbeit ist Realisierungsmöglichkeiten in objektorientierten Programmiersprachen (Expertensystemen) gewidmet. Dabei wird gezeigt, wie die formale Beschreibung zur Ableitung systematischer Programmierrichtlinien verwendet werden kann.

Abstract

The present thesis introduces a new approach to solve nonlinear and nonmonotonic planning problems in knowledge intensive domains. The approach is based on a dynamically generated "self-organizing object-network" which represents a plan of actions with all its dependencies and parameters.

Current activities in the field of plant automation show a strong trend to higher level tasks of automation such as process and production management. To make further progress in this direction, a lot of problem specific planning techniques are required. In this context, process planning is of particular importance, because it generates basic information which is used by most of the other CIM-Functions. Process planning represents the decisive link between design and production. It is a prerequisite on the way to an universal plant automation.

In chapter 1 the special role of process planning in achieving strategic objectives, such as: lower development and production costs, reduced lead times, higher flexibility and increased product quality is shown.

In chapter 2 definitions and special characteristics of planning problems in a general form (like nonlinear, nonmonotonic and complexity problems) are introduced.

In the following chapter 3 an overview is given of different approaches to solutions in the field of computer science, operation research and artificial intelligence.

In the main part of the thesis (chapter 4) a new planning method is introduced named "distributed planning with self-organizing objekt-networks". This chapter is divided into four parts: The first one introduces the basic ideas in a non-formal way by an analogy between the generation of a plan and the process of solving a puzzle. Then a formal description based on the graph theory is given. In this part the object-network is represented by a graph with six different types of nodes. The edges between the nodes represent the relationships between actions (or operations). The third part focuses on the dynamics of the network. This is done by an algorithm that generates the nodes, computes the values of the nodes (based on a backward chaining process) and propagates the changes in the nodes through the network. In the last part of chapter 4 some examples are shown and different aspects of the new planning method are discussed.

In chapter 5 possible plan optimization techniques are proposed. The use of a very natural technique based on an elimination of weak points within the final plan is introduced.

The last part of this thesis deals with possible realization techniques. On an example, a special approach is illustrated for an implementation as an object oriented expert system. It is shown how the formal description can be used to derive a systematic programming that helps the user to implement the introduced planning method.