

GMA-Kongrß "Meß- und Automatisierungstechnik '90";
18./19. September 1990 in Baden-Baden

Ein Diagnosesystem für lokale Netze

Jürgen M. Schröder, Ulrich Gemkow
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Universität Stuttgart
Seidenstraße 36
7000 Stuttgart 1

Zusammenfassung

Lokale Netze bilden das Rückgrat von verteilten Systemen, wie sie in der Fertigungs- und Büroautomatisierung eingesetzt werden. Da alle Einheiten des verteilten Systems durch das lokale Netz verbunden werden, ist dessen Funktionalität entscheidend für die Funktionalität des Gesamtsystems. Um den Anwender bei der Unterhaltung eines lokalen Netzes zu unterstützen, wird in Zusammenarbeit mit der Siemens AG, Erlangen am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung (IND) ein Diagnosesystem entworfen. Das System besteht aus 2 Teilen: Einem verteilten Meßsystem für Ethernet und einem zentral angeordneten Auswerte- und Diagnosesystem. Die Komponenten des verteilten Meßsystems ermöglichen eine automatische Beobachtung des lokalen Netzes während des Netzbetriebs. Im vorliegenden Aufsatz wird der Aufbau und die Funktionsweise des zentralen Diagnosesystems beschrieben.

1. Problembeschreibung

Lokale Netze (Local Area Networks - LANs) verbinden einzelne Rechnersysteme zu verteilten, leistungsfähigen Gesamtsystemen. Ein solches System besteht aus einer Vielzahl unterschiedlichster Komponenten, die sich in Funktionalität und Herkunft unterscheiden. Die Funktionalität des Gesamtsystems hängt wesentlich von der Funktionalität des lokalen Netzes ab.

Da das Gesamtsystem aus einer Vielzahl unterschiedlichster Komponenten zusammengesetzt ist, ist eine große Menge Wissen erforderlich, einerseits um dieses System in Betrieb zu nehmen, andererseits um es zu warten. Die Inbetriebnahme stellt hierbei das kleinere Problem dar, da zu diesem Zeitpunkt meist Experten zur Verfügung stehen. Schwieriger gestaltet sich die Wartung eines solchen Systems. Hier ist der Anwender oftmals auf sich gestellt und daher nicht in der Lage, Netzfehler schnell zu diagnostizieren. Ein Netzwerkfehler kann jedoch einen zeitweiligen Netzausfall nach sich ziehen. Dies kann hohe Kosten hervorrufen, insbesondere bei Netzen, die in der Fertigungsautomatisierung eingesetzt werden.

Da dem Anwender nicht ständig Netzwerkexperten zur Verfügung stehen, die ihn bei Betrieb und Wartung eines lokalen Netzes unterstützen, müssen ihm entsprechende Hilfsmittel bereitgestellt werden.

2. Lösungsansatz

Um Netzausfälle zu verhindern, oder um nach einem Netzausfall einen Fehler möglichst schnell zu diagnostizieren, ist es erforderlich, das lokale Netz im Betrieb zu beobachten. Beobachten bedeutet in diesem Fall die periodische Durchführung von Messungen und die Auswertung der gesammelten Daten. Abweichungen von erwarteten Meßwerten lassen auf das Vorliegen eines Fehlers schließen.

Für die Durchführung der Messungen können gebräuchliche fernsteuerbare Meßgeräte wie z.B. LAN Protokollanalytoren verwendet werden. Um einen Überblick über das gesamte LAN mit seinen verteilten Komponenten zu bekommen, müssen im LAN verteilt Meßsysteme angebracht werden, die mit einem zentral angeordneten Monitoringsystem kommunizieren können. Aus diesem Grund wurde am IND ein modulares, verteiltes Meßsystem für lokale Netze nach IEEE 802.3 (Ethernet) entworfen, welches dezentrale Messungen ermöglicht. Eine Einheit des Meßsystems besteht aus einem Basissystem (CPU-Karte mit Netzzugang), das einfache, statistische Messungen und einen Echotest ermöglicht. Mit dem Echotest kann die Erreichbarkeit des Meßsystems und damit die Erreichbarkeit des Segments, an dem das Meßsystem angeschlossen ist, geprüft werden. Das Basissystem kann um Meßteile erweitert werden. Realisiert wurden bislang ein Durchflußmesser, mit dem richtungsgetreunt die Anzahl der Datenpakete zwischen zwei Netzsegmenten aufgezeichnet werden kann; ein automatisches Reflexionsmeßgerät, das den üblichen Segmentabschlußwiderstand ersetzt und zur Messung des Reflexionsverlaufes dient; und mehrere Meßfühler zur Überwachung von Netzwerkanschlüssen in Netzwerkkomponenten.

Zur Auswertung der Meßdaten, die mit dem verteilten Meßsystem und anderen Meßkomponenten gewonnen werden, wird ein Monitoringsystem eingesetzt. Zur Unterstützung des Anwenders bei der Fehlersuche kommt ein Diagnosesystem zum Einsatz, das sich zur Aufnahme von fehlerabhängigem Wissen des Monitoringsystems bedient. Nachfolgend wird dieses Diagnosesystem beschrieben.

3. Das Diagnosesystem

3.1 Allgemeine Beschreibung des Diagnosesystems

Das Diagnosesystem besteht aus folgenden Komponenten:

- Modulare Wissensbasis
- Wissenserwerbskomponente
- Problemlösungskomponente
- Schnittstellen

Das Zusammenwirken dieser Komponenten zeigt Bild 3.1.

In der Wissensbasis ist auf der Basis einer geeigneten Modellierung des Rechnernetzes das für die Fehlerdiagnose benötigte Wissen gespeichert. Die Wissenserwerbskomponente unterstützt den

Benutzer beim Wissenserwerb und bei der Änderung der Wissensbasis. Anhand des in der Wissensbasis enthaltenen Wissens steuert die Problemlösungskomponente die Fehlersuche. Sie bedient sich dazu verschiedener Schnittstellen um zusätzliches Wissen vom Benutzer zu erfragen, oder um Teilergebnisse der Diagnosesitzung dem Anwender mitzuteilen [1,2,6,7].

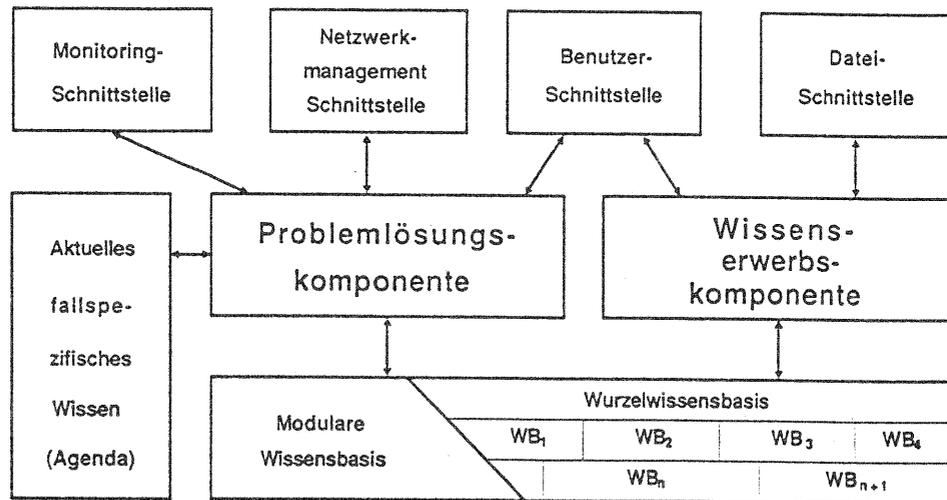


Bild 3.1 Architektur des Diagnosesystems

3.2 Die Wissensbasis des Diagnosesystemes

Die Wissensbasis bildet die Grundlage für die Fehlersuche, sie enthält das statische Wissen des Diagnose-Systems [8].

3.2.2 Die Objekte zur Wissensbeschreibung

Die Durchführung einer Diagnose bedeutet die Suche nach fehlerhaften Komponenten oder Teilen von Komponenten. Ausgangspunkt dieser Suche bildet das Auftreten von fehlertypischen Symptomen, die zur Verdächtigung von Komponenten als Fehlerursache führen.

Um eine fehlerhafte Komponente zu finden, greifen die Algorithmen der Problemlösungskomponente auf die Wissensbasis zu, in der Netzkonfiguration und diagnose-spezifische Daten in Form von Objekten und Objektbeziehungen gespeichert sind. Zur Wissensbeschreibung werden die folgenden Objekte verwendet:

- **Komponenten** sind alle physikalisch und logisch im Netz vorhandenen Systeme wie Rechner, Kabel, Betriebssysteme und Protokollsoftware. Komponenten sind zusammengesetzt aus Teilkomponenten, die ihrerseits wieder aus Teilkomponenten bestehen.

- Eine **Diagnose** ist ein Fehlerzustand. Eine Diagnose wird bestätigt, das heißt für richtig erkannt, wenn genügend Symptome für diese Diagnose vorliegen. Jeder Komponente ist mindestens eine Diagnose zugeordnet.
- Ausprägungen von Fehlern werden als **Symptome** bezeichnet. Jedes Symptom ist einer oder mehreren Diagnosen gewichtet zugeordnet und führt bei seinem Vorliegen zu einer stärkeren Verdächtigung der zugeordneten Diagnosen.
- Jedem Symptom ist eine Anzahl von **Symptomermittlungsmethoden** zugeordnet, mit denen das Vorliegen des zugeordneten Symptomes untersucht werden kann. Dies können automatisch ausgeführte Tests oder Fragen an den Benutzer des Diagnosesystemes sein.

Diese so definierten Objekte und deren Verbindungen untereinander müssen in geeigneter Form in der Wissensbasis des Systemes abgelegt werden. Es hat sich gezeigt, daß dafür eine Modularisierung des Wissens zweckmäßig ist.

3.2.3 Die Modularisierung des Wissens

Ein Rechnernetz, wie es in der Fabrikautomatisierung eingesetzt wird, zeichnet sich durch eine große Vielfalt an verwendeten Komponententypen aus. Komponenten unterschiedlicher Hersteller, oft auch ausgestattet mit unterschiedlichen Protokollarchitekturen, müssen störungsfrei miteinander kooperieren. Um diese komplexen Zusammenhänge zu beschreiben, ist eine große Vielfalt an Wissen nötig, das oftmals auf mehrere Personen verteilt ist.

Es bietet sich daher an, auch die Wissensbasis des Diagnosesystemes entsprechend dieser Sichtweise zu strukturieren, also zu modularisieren. Man bildet Teilwissensbasen für jeweils klar abgrenzbare Wissensbereiche und verknüpft diese Teilwissensbasen über gemeinsames Wissen. Dabei beschreibt eine Teilwissensbasis einen Typ von Komponente, zum Beispiel einen Rechner vom Typ PC-AT oder auch eine Teilkomponente, etwa den LAN-Controller, der in diesen Rechner eingebaut ist. Eine andere Teilwissensbasis kann die Konfiguration des Rechnernetzes beschreiben, das heißt die Zusammensetzung des Netzes aus einzelnen Komponenten und deren Verbindung untereinander.

Die Teilwissensbasen einer so modular aufgebauten Wissensbasis können dann unabhängig von anderen Teilwissensbasen erstellt und modifiziert werden. Ein Experte für einen Bereich kann sein Wissen in eine Wissensbasis für seinen Bereich umsetzen und muß erst bei der nötigen Verknüpfung der Teilwissensbasen mit anderen Experten zusammenwirken. Teilwissensbasen bilden für sich allein genommen vollwertige Wissensbasen und können auch für sich alleine eingesetzt werden. Sie können problemlos in einer Gesamtwissensbasis ausgewechselt oder hinzugefügt werden.

3.2.1 Die Modellierung eines Rechnernetzes und seiner Komponenten

Ziel der Modellierung ist die Abbildung der realen Gestalt des Rechnernetzes in ein für die Diagnose geeignetes Modell. Ein Modell ist geeignet, wenn es einerseits der realen Struktur des Netzes möglichst nahe kommt und andererseits die Anwendung von effizienten Algorithmen zur Diagnose möglich ist. Des weiteren soll die Modellierungsmethodik dem Ziel der strukturierten Wissensdarstellung genügen.

Betrachtet man ein Netzwerk auf Ethernet-Basis aus einer strukturellen Sichtweise, so findet sich auf der obersten Ebene der Betrachtung das Gesamtnetz selbst, das sich bei detaillierter Sicht auflösen (verfeinern) läßt in kleinere Bestandteile. In diesem Fall sind dies die Netzsegmente, die durch Repeater zur Signalregenerierung miteinander verbunden sind. Die Netzsegmente wiederum bestehen aus einzelnen Komponenten, zum Beispiel Rechnersystemen zur Steuerung von Werkzeugmaschinen und lassen sich damit in diese Komponenten verfeinern. Durch schrittweise Verfeinerung werden ausgehend vom Netz als Wurzelkomponente alle voneinander abgrenzbaren Komponenten einer gegebenen Netzkonfiguration sichtbar.

Diese Form der Beschreibung wird von uns als heterarchische Darstellung bezeichnet. Das Prinzip zeigt Bild 3.2a.

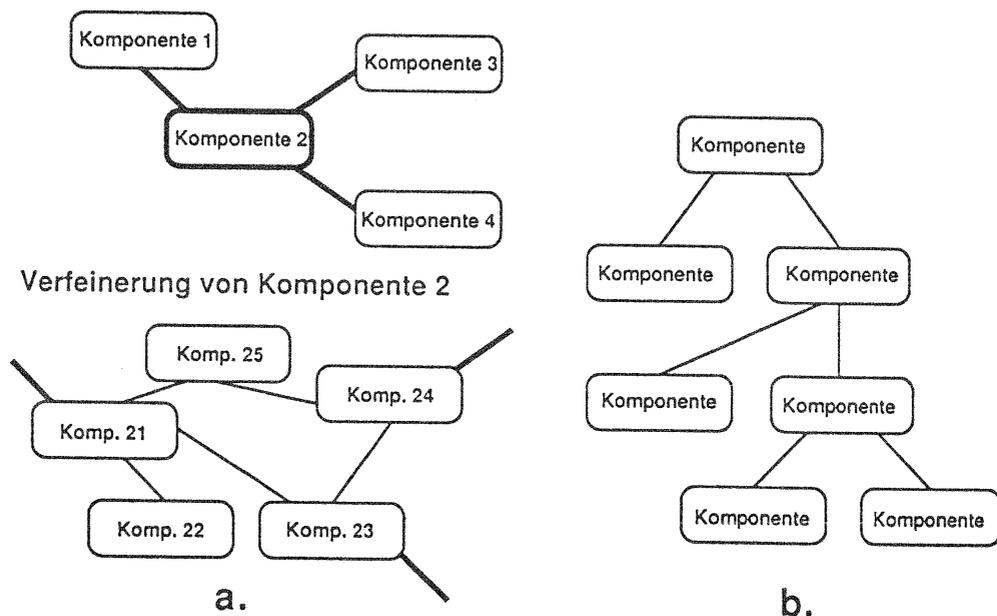


Bild 3.2 Heterarchische und hierarchische Netzmodellierung.

Die einzelnen Bestandteile auf jeder Schicht sind durch Verbindungsleitungen miteinander verbunden, die den real vorhandenen Netzleitern oder auch virtuellen Verbindungen zum Beispiel über ein gemeinsames Kommunikationsprotokoll entsprechen. Wird eine Komponente verfeinert, so muß die Anzahl der Verbindungsarme nach außen erhalten bleiben.

Eine grundlegend andere Art der Beschreibung wird für einzelne Komponenten des Netzes angewendet: Sie werden baumartig zerlegt in Subkomponenten, die alle zusammengenommen dann die betreffende Komponente selbst wieder ergeben. Diese Subkomponenten können wieder unterteilt werden in deren Subkomponenten und so weiter. Dabei stehen die Komponenten zu ihren Subkomponenten in einer strikt hierarchischen Beziehung, jede Nachfolgerkomponente kann nur eine Vorgängerkomponente aufweisen. Beispielsweise kann die Komponente Personal-Computer, die am Netz angeschlossen ist, unterteilt werden in die Subkomponenten Netzwerkschaltung (Controller-Karte), Speicher, Prozessorbaugruppe, Festplatte. Bild 3.2b zeigt eine schematische Darstellung einer solchen Verfeinerung.

Diese Art der Beschreibung einer Komponente wird als hierarchische Modellierung bezeichnet. Sie bildet die Basis für die Anwendung der "klassischen" Problemlösungsstrategien der Expertensystemtechnik [7].

Mit dieser Form der Modellierung kann das Ziel der modularen Wissensdarstellung gut erreicht werden: In einer heterarchischen Wissensbasis, der sogenannten Wurzelwissensbasis, ist das Wissen über die Topologie des Netzes mit den physikalischen und logischen Verbindungen enthalten. An diese Wurzelwissensbasis sind Teilwissensbasen angebunden, die die einzelnen Komponenten oder deren Subkomponenten genauer beschreiben.

Diese Beschreibung des Rechnernetzes und seiner Komponenten muß, wie oben erläutert, ergänzt werden um weitere diagnose-spezifische Objekte wie Diagnose und Symptome, um so die Wissensbasis für das Diagnosesystem zu bilden.

Die beiden Darstellungen in Bild 3.3 und in Bild 3.4 zeigen die Objektbeziehungen in einer heterarchischen und in einer hierarchischen Wissensbasis.

3.3 Die Wissenserwerbskomponente des Diagnosesystemes

Die Wissenserwerbskomponente des Diagnosesystemes dient dazu, die Angaben über die Beschreibungs-Objekte und deren Beziehungen untereinander in einer bestehenden Wissensbasis zu ändern oder eine neue Wissensbasis aus diesen Beschreibungs-Objekten aufzubauen.

Der erste Schritt besteht dabei darin, daß der entsprechende Bereichsexperte die Wissensbasis für seine Wissensdomäne erstellt. In einem zweiten Schritt werden dann die so unabhängig entstandenen Wissensbasen miteinander verknüpft. Dies erfolgt in mehreren Teilschritten:

- In der heterarchischen Beschreibung der Netztopologie werden Verweise auf die Nachfolger-Wissensbasen mit der Beschreibung der Komponenten des Netzes aufgenommen. Ebenso werden in die Wissensbasen zur Beschreibung der Komponenten Verweise auf die Beschreibungen von Subkomponenten aufgenommen.
- In den auf diese Weise miteinander verknüpften Teilwissensbasen werden Symptome isoliert, die in mehreren Wissensbasen, evtl. unter anderem Namen aber mit derselben Be-

deutung, auftauchen. Diese Symptome werden globalisiert und es wird jeder Teil-Wissensbasis eine Tabelle mit der Zuordnung der systemweit bekannten globalen Symptome zu den entsprechenden lokalen Symptomen zugeordnet. Diese globalen Symptome bilden die eigentlichen Bindeglieder zwischen den unabhängig erstellten Teilwissensbasen.

Die Wissenserwerbskomponente des Diagnosesystemes bildet eine in sich abgeschlossene Einheit, die über zwei unabhängig voneinander verwendbare Schnittstellen zum Benutzer verfügt: Über eine Dateischnittstelle kann eine Wissensbasis, deren Inhalt in Textform vorliegt, in den Datenbestand des Systemes eingelesen werden oder von dort ausgegeben werden und über eine Menüschnittstelle können interaktiv Änderungen und Neueingaben mit weitgehender Benutzerführung vorgenommen werden.

Ist mit der Wissenserwerbskomponente eine Wissensbasis erstellt und in der Datenbank des Diagnosesystemes abgespeichert worden, so kann die Problemlösungskomponente auf dieses statische Wissen zugreifen, um mittels geeigneter Algorithmen die anliegenden Symptome von Fehlern auszuwerten.

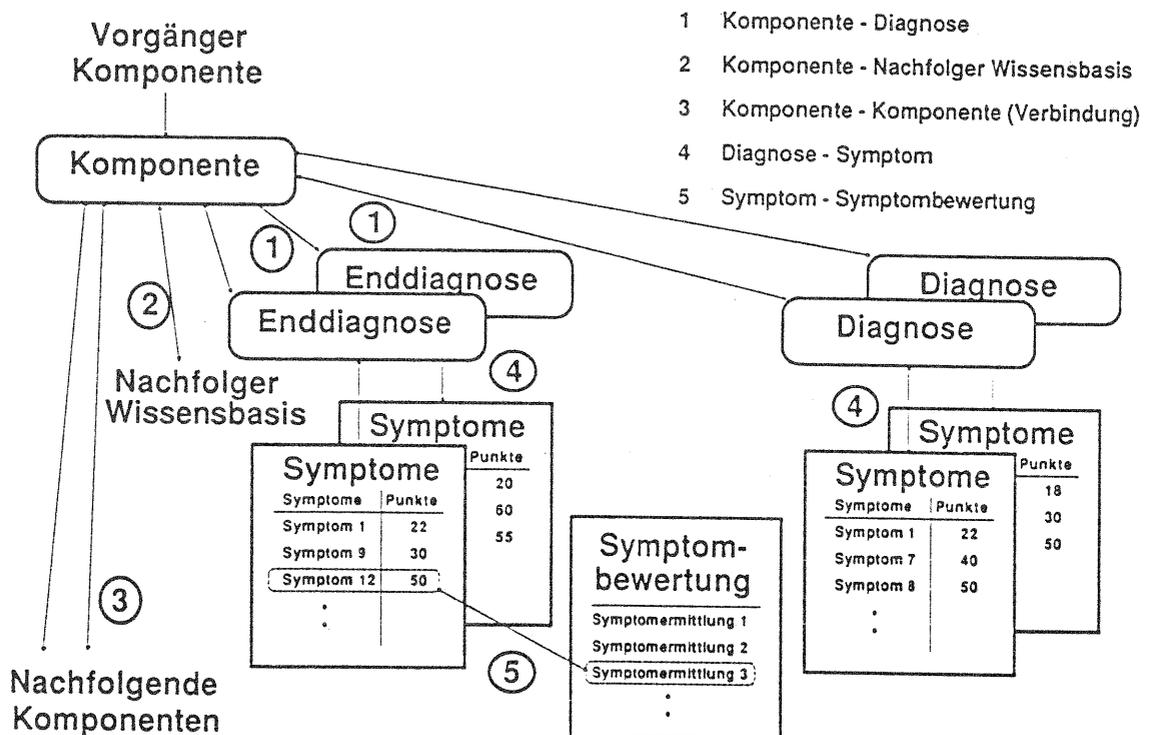


Bild 3.3 Objektbeziehungen in einer hierarchischen Wissensbasis

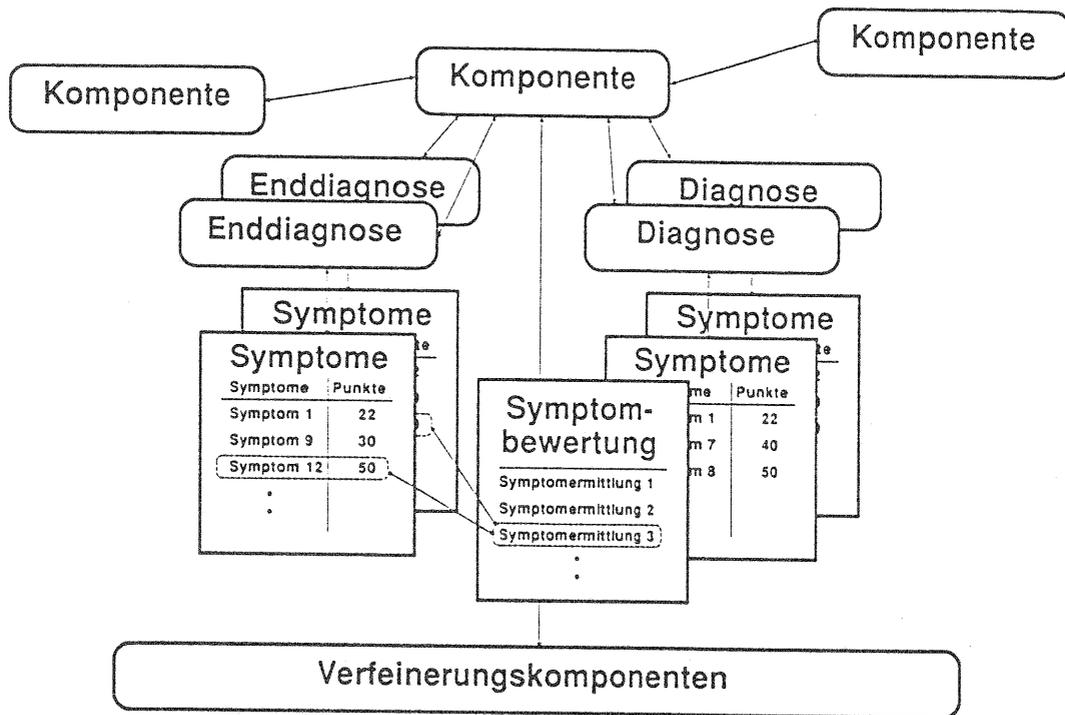


Bild 3.4 Objektbeziehungen in einer heterarchischen Wissensbasis

3.4 Problemlösungskomponente

3.4.1 Allgemeine Beschreibung der Problemlösungskomponente

Bild 3.5 zeigt das Blockschaltbild der Problemlösungskomponente. Sie besteht aus folgenden Komponenten:

- Agenda
- Ablaufsteuerung
- Agendaoperationen
- Schnittstellen

In der Agenda wird das vom Fehlerfall abhängende Wissen, auch als fallspezifisches Wissen bezeichnet, gespeichert. Die Ablaufsteuerung bedient sich der Agendaoperationen um eine Diagnosesitzung zu steuern [5]. Zu den Agendaoperationen gehören Inferenzmechanismen wie Backward- und Forward-Chaining und Operationen wie Verfeinerung von Komponenten und Wegesuche. Agendaoperationen verändern den Inhalt der Agenda entweder anhand von Wissen, das durch Zugriff auf die aktuelle Wissensbasis gewonnen wird, oder durch Wissen, welches über Schnittstellen erfragt wurde.

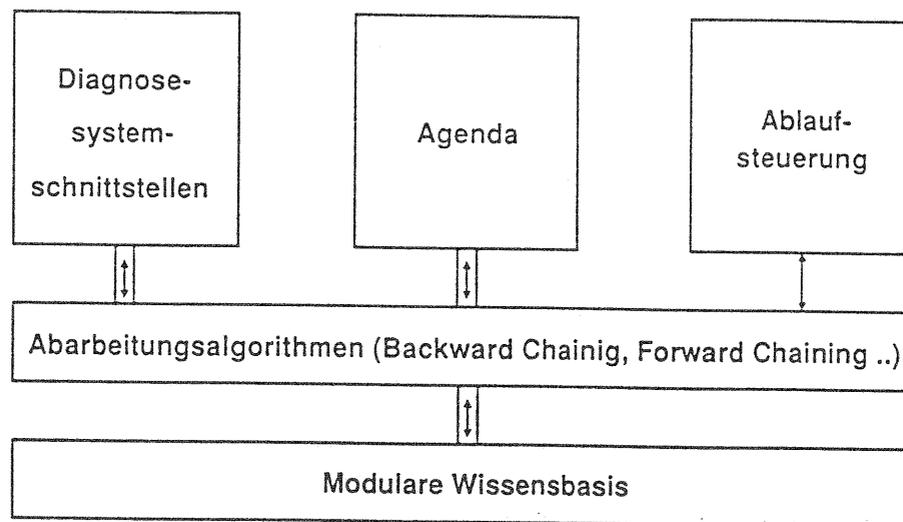


Bild 3.5 Struktur der Problemlösungskomponente

3.4.2 Die Ablaufsteuerung

Die Ablaufsteuerung ist für die Steuerung einer Diagnosesitzung verantwortlich. Für den Einstieg in eine Diagnosesitzung sind drei mögliche Fälle vorgesehen. Für den laufenden Netzbetrieb ist der wichtigste Fall das "Automatische Netzmonitoring". Dazu wird das Monitoringsystem beauftragt, das Rechnernetz periodisch auf das Vorliegen von Symptomen zu überprüfen. Wird ein Symptom bestätigt, wird dieses mit einer entsprechenden Gewichtung in die Agenda eingetragen und die Diagnosesitzung gestartet.

Als weiteren Einstiegspunkt hat der Benutzer selbst die Möglichkeit, eine oder mehrere Netzkomponenten zu verdächtigen. In dieser Betriebsart kann zudem noch ausgewählt werden, ob Symptome, sofern automatisch ermittelbar, ohne Rückfrage sofort ermittelt werden, oder ob der Benutzer die Symptomermittlungsmethode auswählen muß.

Die Steuerung der Diagnosesitzung erfolgt durch das Anstoßen von Agendaoperationen. Die Sequenz, mit der die Agendaoperationen aufeinanderfolgen, ist vom aktuellen Agendainhalt und dem Ergebnis der vorhergehenden Agendaoperation abhängig.

Je nach aktuellem Stand der Diagnose wird die augenblicklich sinnvollste Agendaoperation durchgeführt. So wird bei genügendem Verdacht einer Diagnose mittels Backward-Chaining versucht diese zu bestätigen. Dabei werden alle Symptome, die dieser Diagnose zugeordnet sind, der aktuellen Wissensbasis entnommen und überprüft. Konnte die Verdächtigung der Diagnose weiter bestärkt werden, dann wird, handelt es sich um eine Enddiagnose, die Diagnosesitzung abgeschlossen; handelt es sich um eine normale Diagnose, dann wird die betreffende Komponente verfeinert oder eine ihr zugeordnete Wissensbasis geladen. Konnte die Diagnose nicht be-

stätigt werden, dann wird versucht, mittels Forward-Chaining, anhand der neu überprüften Symptome eine neue verdächtige Diagnose zu bestimmen.

Nach Abschluß einer Diagnosesitzung wird dem Benutzer das Ergebnis durch Angabe der meist verdächtigen Diagnose mitgeteilt.

Die Agenda ist unterteilt in eine lokale und eine globale Agenda. Die Problemlösungskomponente arbeitet immer nur mit einer Wissensbasis und der dieser zugeordneten lokalen Agenda.

Da die Wissensbasen getrennt voneinander erstellt werden, muß, wenn fallspezifisches Wissen nach dem Laden einer neuen Wissensbasis weiterverwendet werden soll, eine Anpassung von Symptomen vereinbart werden. Dies geschieht durch das Globalisieren von Symptomen. Symptome, die von einer Wissensbasis in eine andere übergeben werden sollen, werden zu globalen Symptomen erklärt. Bild 3.6 erläutert den Vorgang des Ladens einer neuen Wissensbasis.

Das fallspezifische Wissen, das durch Bearbeiten der momentan geladenen Wissensbasis gewonnen wurde, ist in der aktuellen lokalen Agenda abgespeichert. Wird nun eine neue Wissensbasis geladen, dann wird zunächst die globale Agenda aktualisiert. Dies geschieht anhand einer Mapping-Tabelle für die aktuelle Wissensbasis, in der verzeichnet ist, welche lokalen Symptome globalen Symptomen zugeordnet sind. Beim Laden einer nachfolgenden Wissensbasis wird eine neue lokale Agenda initialisiert. Anhand der Mapping-Tabelle, die zur neuen Wissensbasis gehört, wird aus der Information aus der globalen Agenda in die neue lokale Agenda übertragen. Die Diagnose wird anhand der Information in der neuen lokalen Agenda fortgesetzt.

3.5 Schnittstellen

Über die Benutzerschnittstelle kann das System mit dem Anwender kommunizieren. Mit der Monitoringschnittstelle ist das System in der Lage, fallspezifisches Wissen automatisch aus dem Netzwerk abzufragen. Damit können automatisch Symptome bestätigt werden. Durch den Einsatz automatischer Symptombewertungsmethoden wird die Diagnosesitzung beschleunigt und der Benutzer von oft mühseligen Messungen entlastet. Das Standard-Netzwerkmanagement nach ISO verfügt über Daten, die für die Fehlerdiagnose von Interesse sein können [3,4]. Diese Daten können mit dem Netzwerkmanagement-Protokoll über die Netzwerkmanagement-Schnittstelle des Diagnosesystems abgefragt werden.

4. Stand der Implementierung und Ausblick

Eine Prototyp-Implementierung, die eine Teilmenge des dargestellten Diagnosesystemes realisiert, wurde unter dem Betriebssystem MS-DOS entwickelt und die Einsatzfähigkeit der vorgestellten Konzepte wurde mit dieser Implementierung am Beispiel des (recht komplexen) Rechnernetzes des IND erprobt.

Dabei hat sich gezeigt, daß das Betriebssystem MS-DOS zu weitgehende Einschränkungen für ein solches System erzwingt. Deshalb wurde eine zweite Implementierung unter dem Betriebs-

system UNIX in der Programmiersprache C in Angriff genommen, die sich in einem weit fortgeschrittenen Stadium befindet.

Wenn der Kern der in Arbeit befindlichen Neuimplementierung abgeschlossen ist, ist eine Erweiterung insbesondere hinsichtlich der Schnittstellen des Systemes nach außen vorgesehen.

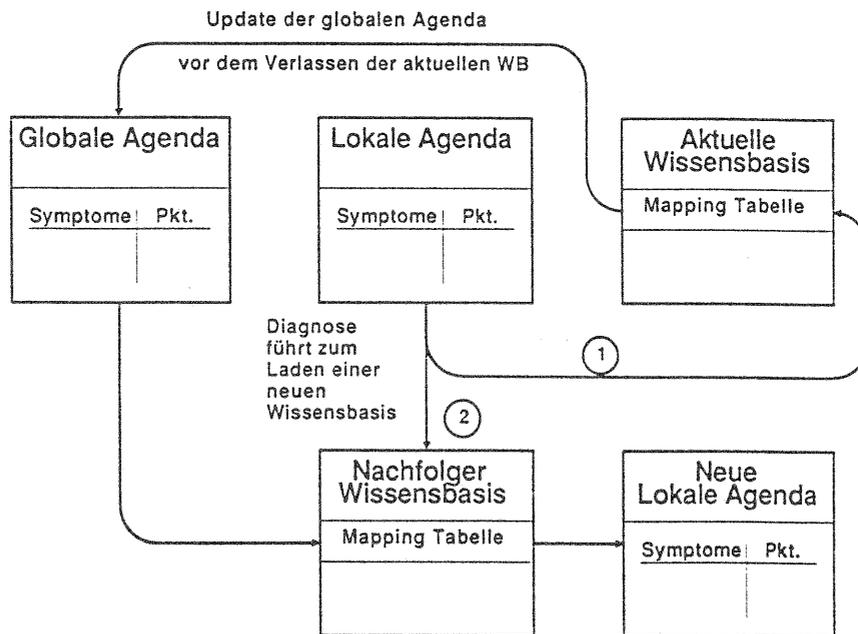


Bild 3.6 Laden einer Neuen Wissensbasis

Die Arbeit am vorgestellten Monitoring- und Diagnosesystem wird unterstützt von der Firma Siemens AG, Erlangen und soll in - auf Ethernet basierenden - Netzen für die Fertigungsautomatisierung (SINEC-AP) eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Dal Cin, Mario; Phillip, T.: Expertensysteme für die Fehlerdiagnose. Informationstechnik it, 4/1988, S. 237-246.
- [2] Haubner, H., J.; Kormann, H.: Fehlerdiagnose in verteilten Rechnersystemen mit dem Expertensystem REX. Tagungsband Prozeßrechnersysteme '88, Informatik-Fachberichte Vol. 167, S. 762-771, Springer Verlag, 1988.
- [3] Heigert, J.: OSI Netzwerk-Management: Status und Perspektiven. DATACOM 1/90, DATACOM-Verlag, 1990.

- [4] Kiesel, W.: Kommunikationsnetze für verteilte Systeme Netzwerkmanagement in industriellen lokalen Netzen. Tagungsband Prozeßrechnungssysteme '88, Informatik-Fachberichte Vol. 167, Springer Verlag, 1988.
- [5] Mescheder, B.; Westerhoff, T.: Offene Architekturen in Expertensystem-Shells. Angewandte Informatik 9/88, S. 390-398 Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- [6] Puppe, F.: Diagnostik Experten Systeme. Informatik Spektrum 10/1987, S. 293-308, Springer Verlag.
- [7] Puppe, F.: Diagnostisches Problemlösen mit Expertensystemen. Informatik-Fachberichte, Vol. 148, Springer Verlag 1987.
- [8] Reuter, A.: Kopplung von Datenbank und Expertensystemen. Informationstechnik 3/1987, S.164-175, R. Oldenburg Verlag.