

Verteiltes Monitoring- und Diagnosesystem für Ethernet

Jürgen M. Schröder
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 ein entscheidender Faktor für die Funktion des Gesamtsystems. Um den Anwender bei der Unterhaltung eines lokalen Netzes zu unterstützen, wird, in Zusammenarbeit mit der Siemens AG, am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung (IND) ein Diagnosesystem entworfen. Das System besteht aus 2 Teilen: Einem verteilten Meßsystem für SINEC H1 (Ethernet) und einem zentral angeordneten Monitoring- und Diagnosesystem. Die Komponenten des verteilten Meßsystems ermöglichen eine automatische Beobachtung des lokalen Netzes während des Netzbetriebs. Sie werden vom zentralen Monitoringsystem gesteuert. Prototypen des verteilten Meßsystems befinden sich im Hause Siemens bereits im Einsatz.

1. Einleitung

Lokale Rechnernetze sind die Basis für verteilte Systeme, wie sie in der Fertigungsautomatisierung Anwendung finden. Die Funktionalität derartiger Systeme hängt wesentlich von der Verfügbarkeit des Rechnernetzes ab. Rechnernetze für die Fertigungsautomatisierung bestehen aus sehr vielen unterschiedlichen Komponenten, die zudem oft auch noch von verschiedenen Herstellern stammen. Aus diesem Grund erfordert die Wartung und Unterhaltung eines solchen Netzes sehr viel Erfahrung bezüglich des Gesamtsystems und bezüglich der verwendeten Komponenten.

Das benötigte Wissen steht allenfalls bei der Planung und der Inbetriebnahme eines Rechnernetzes zur Verfügung. Meist wird es auch nicht durch eine einzige Person verkörpert, sondern durch ein Expertenteam, das sich aus Spezialisten für die einzelnen Systemkomponenten zusammensetzt. Für den Betrieb eines Rechnernetzes steht dann das Expertenteam, meist aus Kostengründen, nicht mehr zur Verfügung.

Allgemein treten bei Netzen nach IEEE 802.3 (Ethernet) im Betrieb selten Fehler auf, Ethernet Netze gelten als "gutmütig". Bei dennoch auftretenden Fehlern benötigt der Anwender geeignete Werkzeuge zur Fehlerdiagnose, insbesondere wenn es sich um eine Netz handelt, das in der Fertigungsautomatisierung eingesetzt wird. In diesem Anwendungsbereich verursacht ein Netzausfall sehr hohe Kosten.

Fehlerdiagnose und Fehlervermeidung werden vereinfacht durch fortlaufende Beobachtung des Rechnernetzes. In dem hier vorgestellten Monitoring- und Diagnosesystem werden daher im Rechnernetz spezifische Meßkomponenten verteilt, die, ausgerüstet mit einem eigenen Netzzugang und ferngesteuert von einer zentralen Monitoring- und Diagnosestation, Messungen durchführen können. Die Meßergebnisse werden in den Meßsystemen zum Teil vorverarbeitet und dann zur Monitoring- und Diagnosestation übertragen. Bild 1.1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Monitoring- und Diagnosesystems.

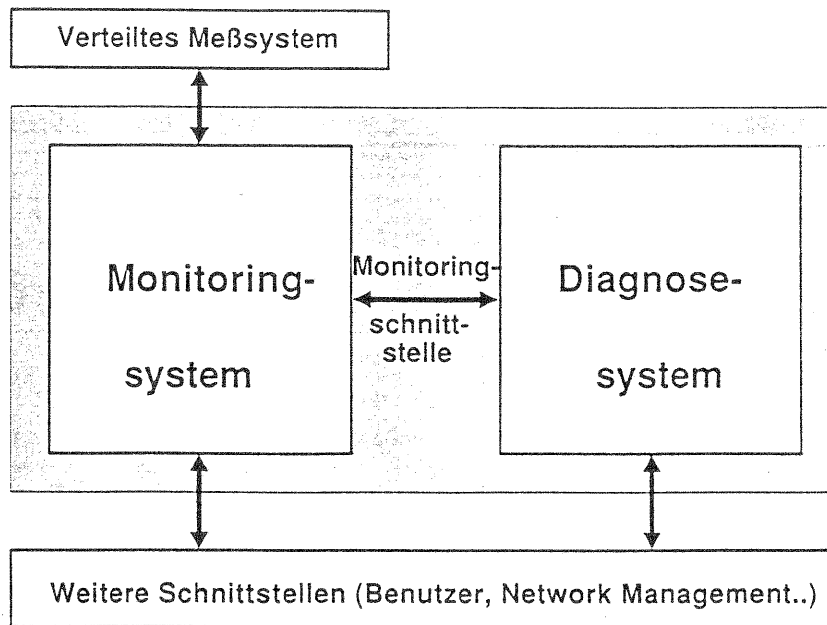


Bild 1.1 Aufbau des Monitoring- und Diagnosesystems

Die Steuerung des verteilten Meßsystems und die Auswertung der empfangenen Daten übernimmt das Monitoringsystem der Monitoring- und Diagnosestation. Dieses kann entweder vom Benutzer direkt bedient werden, oder es wird vom Diagnosesystem zur Aufnahme von fallspezifischem Wissen benützt.

In Abschnitt 2 des Aufsatzes wird das verteilte, modulare Meßsystem vorgestellt, das als Ergänzung weiterer Überwachungskomponenten wie LAN-Protokollanalytoren verwendet wird. In den Unterpunkten des Abschnitts werden die Funktionen einzelner Meßteile erläutert. Im darauf folgenden Abschnitt wird das Monitoring- und Diagnosesystem vorgestellt, das mit dem verteilten Meßsystem zusammenarbeitet und dessen Kern aus einem Expertensystem besteht [4, 8, 9]. In den Unterpunkten dieses Abschnitts werden dessen einzelne Funktionsmodule näher erläutert. Abschließend wird auf den Stand der Implementierungen und die Erfahrungen mit Prototypen eingegangen.

2. Verteiltes, modulares Meßsystem

2.1 Allgemeines

Um das Rechnernetz im Betrieb beobachten zu können, werden im System Komponenten des Meßsystems verteilt. Bild 2.1 zeigt ein Beispiel für die Verteilung von Meßkomponenten im System. Die Segmentenden sind jeweils mit einem automatischen Reflexionsmeßteil abgeschlossen. Die Steuerung eines einzelnen Meßsystems kann zudem als sogenannte Echobox verwendet werden. Segmentkopplungen über Repeater werden mit Durchflußmessern überwacht. Einige Stationen werden mittels speziellen Meßfühlern direkt beobachtet.

2.2 Das Basissystem

Eine Komponente des verteilten Meßsystems setzt sich aus einem oder mehreren Modulen zusammen. Kern einer solchen Komponente ist eine CPU-Karte (Basiskarte), die auf dem Intel Prozessor i80186 basiert. Die Basiskarte verfügt über einen Ethernetzugang, der durch den Intel LAN-Koprozessor i82586 realisiert wurde. Die Karte verfügt ferner über mehrere parallele und serielle Ports. Über einen seriellen Port (RS232) kann sie mit einem Terminal oder PC lokal bedient werden. Bei Netzbetrieb wird sie jedoch über das Rechnernetz von der zentralen Monitoring- und Diagnosestation gesteuert. Neben 128 KByte Festwertspeicher und 128 KByte Schreib-/Lesespeicher verfügt die Karte noch über ein Bussystem, an das Meßerweiterungen angeschlossen werden können.

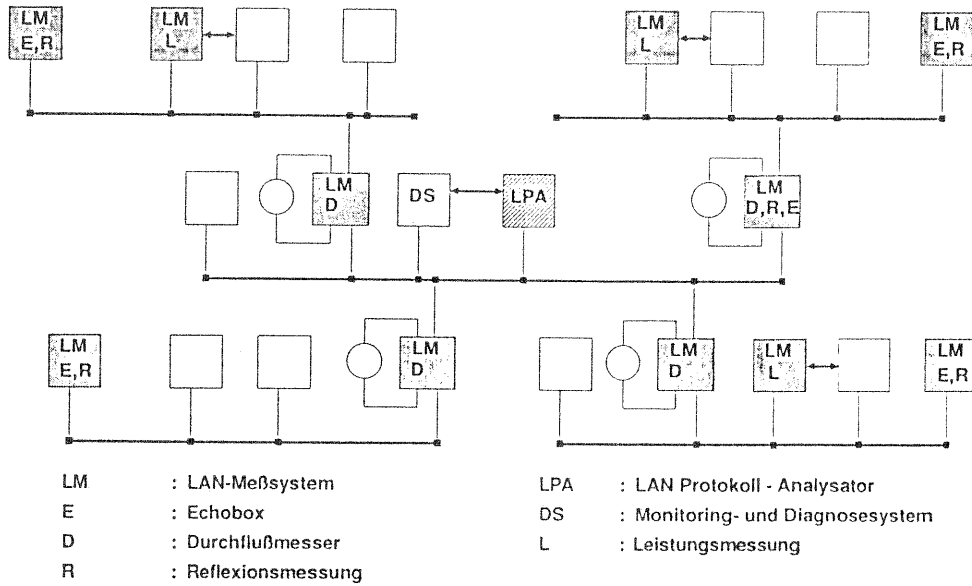


Bild 2.1 Beispiel eines lokalen Netzes mit verteiltem Meßsystem.

Die Basiskarte ohne Meßerweiterungen kann einfache Messungen und Funktionen durchführen. So kann z.B. die Erreichbarkeit aller Netzsegmente bei Netzbetrieb durch Abfragen von an den Segmenten installierten Meßkomponenten geprüft werden (Echobox). Weiter können einfache Statistiken über Netzlast, Anzahl der Kollisionen usw. erstellt werden.

2.2 Erweiterungen (Meßteile)

2.2.1 Durchflußmesser

Einzelne Segmente werden in lokalen Netzen nach IEEE 802.3 mit Repeatern verbunden. Die Verbindung von Segment und Repeater erfolgt über Transceiverkabel. Im Transceiverkabel werden die Datenströme von und zum Segmentanschluß getrennt geführt. Mit der Durchflußmessereinheit wird es möglich, den Verkehrsbeitrag eines einzelnen Netzsegmentes zum gesamten Verkehrsaufkommen zu bestimmen. Ferner ist die kurzzeitige Abtrennung des von der Monitoring- und Diagnosestation entfernt liegenden Netzsegmentes vom Gesamtnetz ferngesteuert möglich.

2.2.2 Automatische Reflexionsmessung

Entfernt man von einem installierten Netzsegment den Abschlußwiderstand und speist an derselben Stelle einen Impuls ein, so zeigt der Reflexionsverlauf eine charakteristische Funktion für das betreffende Netzsegment. Digitalisiert man den Reflexionsverlauf, so hat man die Möglichkeit, unterstützt durch ein entsprechendes Auswerteprogramm, Änderungen des Segmentkabels zu erkennen. Bild 2.2 zeigt das Prinzipschaltbild des automatischen Reflexionsmeßteils.

Der eingespeiste Meßimpuls hat dieselben elektrischen Eigenschaften wie der Impuls, mit dem ein Bit eines Datenpaketes übertragen wird. Bei einer maximalen Segmentlänge von 500m beträgt die einfache Signallaufzeit:

$$500 \text{ m} / (0.77 * c) = 2164.5 \text{ ns}$$

$$c = 30 \text{ cm/ns}$$

und somit die Meßzeit:

$$2164.5 \text{ ns} * 2 = 4329 \text{ ns}$$

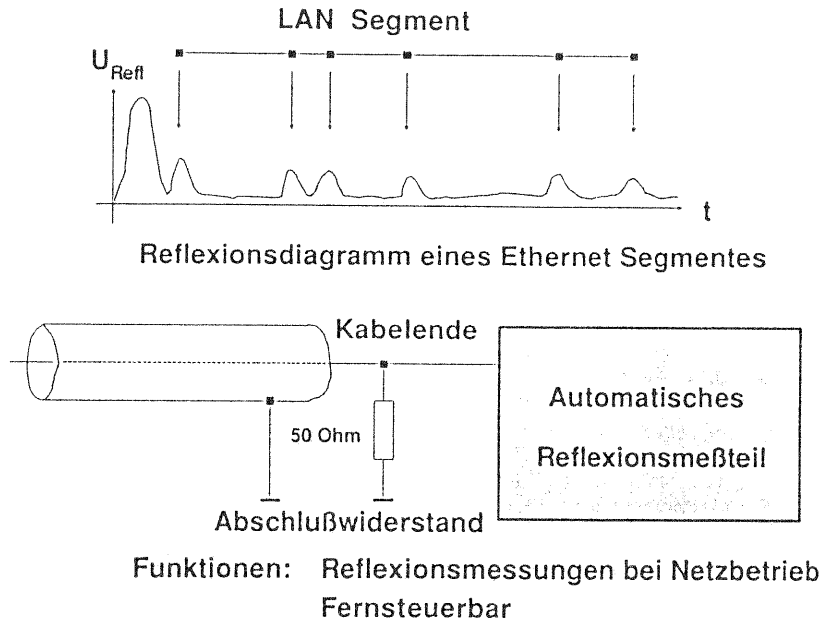


Bild 2.2 Prinzipschaltbild des automatischen Reflexionsmeßteils

Um die Reflexionen, hervorgerufen durch den Anschluß von Transceivern an das Netzsegment, noch erkennen zu können, müssen dem Reflexionssignal Amplitudenwerte im Abstand von 5 ns entnommen werden. Das realisierte Reflexionsmeßteil entnimmt dem Reflexionssignal 1024 Abtastwerte.

Das automatische Reflexionsmeßteil ersetzt den Abschlußwiderstand eines Segmentes und erlaubt die Durchführung einer Reflexionsmessung während des Netzbetriebs.

2.2.3 Weitere Meßteile

Für die Funktionalität des Gesamtsystems oder einzelner Teilbereiche kann es erforderlich sein, einzelne Stationen in ihrem Verhalten während des Betriebs genau zu beobachten. Hierfür sind besondere Meßteile vorgesehen und entwickelt worden.

In das verteilte Monitoringsystem lassen sich nicht nur Komponenten einbringen, die innerhalb des Projektes am IND entwickelt wurden, sondern alle fernsteuerbaren Meßgeräte. Als Beispiel hierfür seien Protokollanalytoren genannt [1,2].

3. Monitoring- und Diagnosesystem

3.1 Allgemeine Betrachtungen

Die Auswertung der Daten, die das verteilte Meßsystem liefert, erfolgt in einer zentralen Monitoring- und Diagnosestation. Im normalen Netzbetrieb werden periodisch Meßdaten abgefragt und geprüft, ob sie innerhalb eines bestimmten Toleranzbereiches liegen. Liegen Sie außerhalb, dann werden entsprechende Einstiegspunkte für die Fehlerdiagnose generiert und die Fehlerdiagnose wird gestartet. Während der Fehlerdiagnose greift das System weiterhin auf das verteilte Meßsystem zurück, um fallspezifisches Wissen zu erwerben.

Für den Erwerb von fallspezifischem Wissen können auch Softwarekomponenten eingesetzt werden, die zum Test auf andere Stationen geladen, dort gestartet und beobachtet werden können.

Die Architektur des Diagnosesystems zeigt Bild 3.1. Die einzelnen Systeme, die den automatischen Wissenserwerb und das Monitoring des Netzes bei Netzbetrieb erlauben, werden

über die Monitoringschnittstelle mit dem Diagnosesystem verbunden. Weiter ist für den automatischen Wissenserwerb eine Schnittstelle zum OSI-Netzmanagement geplant [5,6]. Für den Aufbau von hierarchischen Diagnosesystemen für große Netze ist eine Diagnosesystem-schnittstelle vorgesehen. Die Benutzerschnittstelle dient der Kommunikation mit dem Anwender.

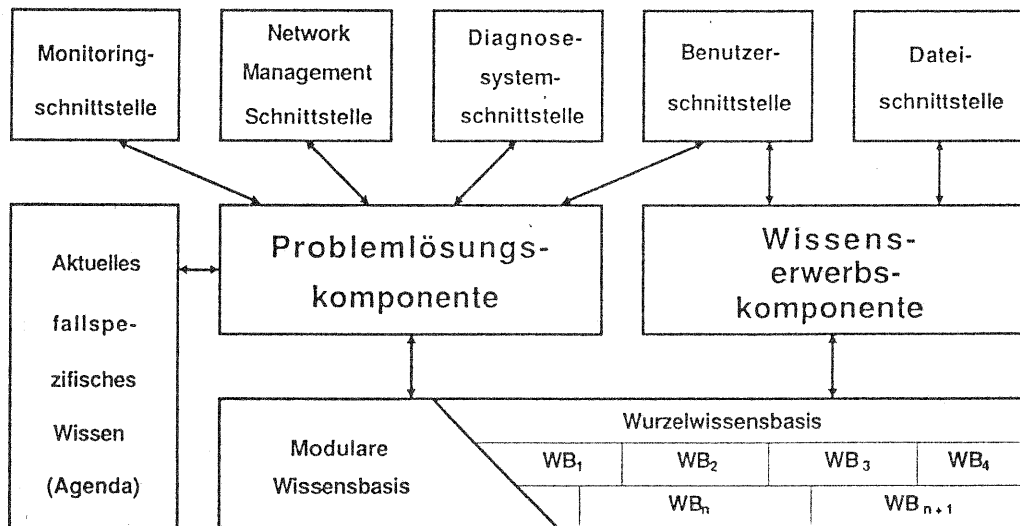


Bild 3.1 Architektur des Diagnosesystems

Für den Betrieb von lokalen Netzen ist sehr viel Wissen und Erfahrung nötig. Dies gilt erst recht, wenn in einem lokalen Netz Komponenten unterschiedlicher Hersteller, eventuell zudem mit verschiedenen Protokollarchitekturen, betrieben werden. Häufig ist das benötigte Wissen auf mehrere, zusammenarbeitende Personen verteilt. In der Wissensbasis des Diagnosesystems wurde das für die Diagnose benötigte Wissen deshalb in einzelne Module unterteilt, deren Wissensbereich in etwa dem der Bereichsexperten entspricht. Die Wissensbasis ist in eine sogenannte Wurzelwissensbasis und weitere der Wurzelwissensbasis untergeordnete Wissensbasismodule aufgeteilt [10]. In der Wurzelwissensbasis ist das Wissen über die Systemkonfiguration abgelegt. Die untergeordneten Wissensbasismodule enthalten Wissen über einzelne Komponenten, z.B. speziell über PCs. Eine Änderung in der Systemkonfiguration erfordert daher nur eine Änderung der Wurzelwissensbasis und eventuell den Einbau eines neuen Wissensbasismoduls.

Die Wissensbasismodule sind getrennt erstell- und wartbar. Für sich alleine sind sie als Wissensbasen für Diagnosesysteme der entsprechenden Komponenten einsetzbar. Durch diese Eigenschaften ist gewährleistet, daß Wissensbasen durch die Experten für die einzelnen Komponenten entworfen werden können.

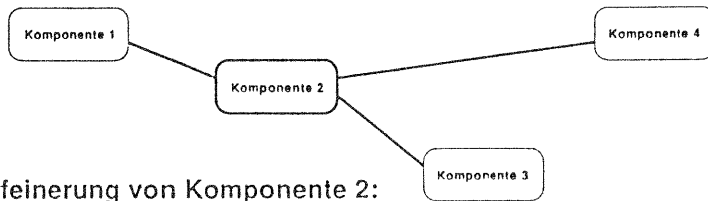
Für den Wissenserwerb ist eine spezielle Wissenserwerbskomponente vorgesehen. Über eine Dateischnittstelle kann Wissen, daß nach einer entsprechenden Syntax in einem Textfile abgelegt wurde, in eine Wissensbasis eingelesen werden. Der Inhalt einer Wissensbasis kann entsprechend in einem Textfile ausgegeben werden. Interaktiv kann der Inhalt einer Wissensbasis durch den Benutzer verändert werden.

3.2 Wissensdarstellung

Das für die Diagnose benötigte Wissen wird in zwei Kategorien unterteilt. Wissen über die Struktur des Rechnernetzes, die einzelnen Komponenten, die möglichen Diagnosen und deren Symptome wird in der Wissensbasis abgelegt. Vom Fehlerfall abhängiges Wissen, z.B. ob Symptome bestätigt werden konnten oder nicht, wird in der sogenannten Agenda gespeichert (Bild 3.1).

Die Wissensdarstellung für ein Netzwerk bedarf einer anderen Struktur, als die Wissensdarstellung für eine Komponente des Netzwerks. Aus diesem Grunde wurden zwei verschiedene Wissensbasistypen definiert. Mit der heterarchischen Wissensbasisstruktur lässt sich insbesondere die Netzarchitektur sehr gut nachbilden. Bild 3.2 zeigt das Prinzip der heterarchischen Wissensbasis. Mit der hierarchischen Wissensbasisstruktur können einzelne Komponenten sehr gut modelliert werden. Bild 3.3 zeigt das Prinzip der hierarchischen Struktur. Die Komponenten eines Netzwerkes werden durch Komponenten der Wissensbasis modelliert, die Verbindungen zwischen den Komponenten durch Beziehungen.

Verdächtigung von Komponente 2:



Verfeinerung von Komponente 2:

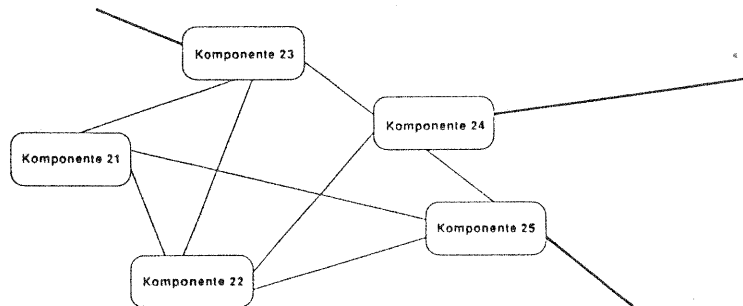


Bild 3.2 Komponentenverknüpfung in einer heterarchischen Wissensbasis. Prinzip der Verfeinerung.

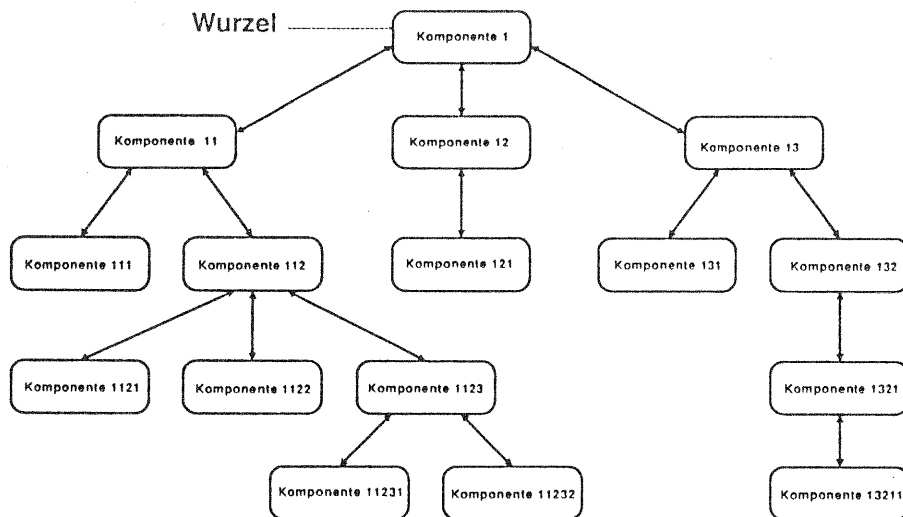


Bild 3.3 Komponentenverfeinerung in einer hierarchischen Wissensbasis.

Das für die Diagnose erforderliche Wissen wird mit Objekten dargestellt. Es sind folgende Objekte definiert:

- **Komponente**

Eine Komponente ist ein physikalisch im Netzwerk vorhandenes Objekt. Hierzu zählen sowohl Hardware- als auch Softwarekomponenten. In einer heterarchischen Wissensbasis können Komponenten verfeinert werden, d.h. die betreffende Komponente wird durch ein Netz von Komponenten ersetzt, die die Funktionalität der verfeinerten Komponente genauer

beschreiben. Bild 3.2 erläutert den Vorgang der Verfeinerung. In einer hierarchischen Wissensbasis kann eine Komponente nur eine Vorgängerkomponente haben, aber beliebig viele Nachfolgerkomponenten. Die Struktur einer hierarchischen Wissensbasis ist baumförmig. Bild 3.3 zeigt die Komponentenstruktur einer hierarchischen Wissensbasis.

- **Diagnose**

Jeder Komponente ist mindestens eine Diagnose zugeordnet. Diagnosen werden unterteilt in Enddiagnosen und Diagnosen. Diagnosen führen, wenn eine Verfeinerung für die entsprechende Komponente angegeben ist, zur Fortsetzung der Diagnose, d.h. die Verfeinerung wird untersucht. Wird eine Enddiagnose bestätigt, dann muß die betreffende Komponente komplett ausgetauscht werden. Diagnosen werden durch Symptome bestätigt.

- **Symptome**

Erscheinungsbilder von Fehlern werden als Symptome bezeichnet. Symptome stehen in unmittelbarer Beziehung zu Diagnosen. Die Symptom - Diagnose - Beziehung wird durch eine Punktzahl bewertet, die angibt, mit welchem Beitrag ein Symptom zur Bestätigung einer Diagnose beiträgt. Ein Symptom kann mehreren Diagnosen zugeordnet sein.

- **Symptombewertungen**

Symptombewertungen verweisen auf die Methoden, mit denen ein Symptom bestätigt werden kann. Implizit kann das Zutreffen eines Symptoms immer vom Benutzer erfragt werden. Das System versucht jedoch, Symptome weitgehend automatisch zu bestätigen. Die entsprechenden Programme werden mit dem Objekt Symptombewertungen vereinbart.

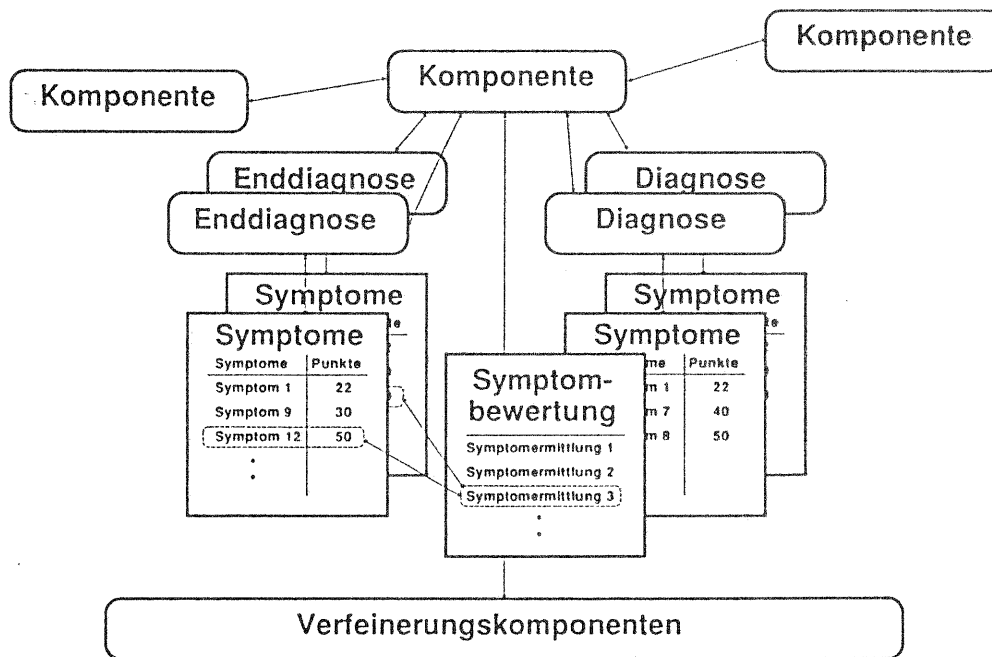


Bild 3.4 Relation der Objekte untereinander in einer heterarchischen Wissensbasis

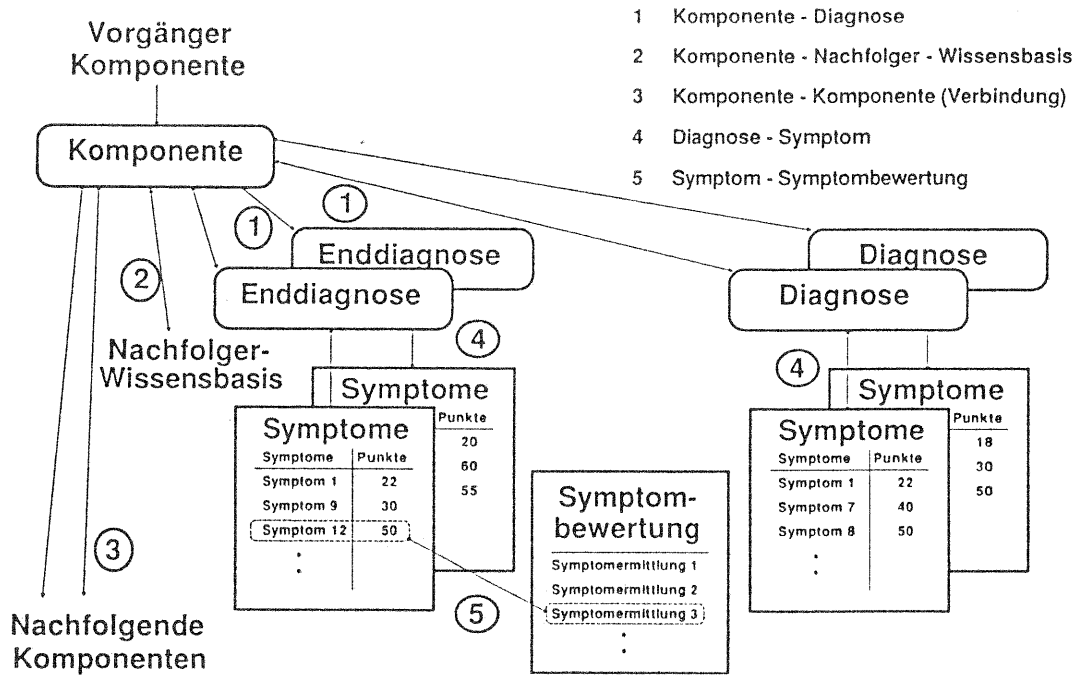


Bild 3.5 Relation der Objekte untereinander in einer hierarchischen Wissensbasis.

Bild 3.4 zeigt die Beziehung der Objekte zueinander für den Fall einer heterarchischen Wissensbasis, Bild 3.5 für eine hierarchische Wissensbasis.

Das Wissen, das einer Komponente zugeordnet ist, wird als ganzes auch als Wissensrahmen bezeichnet.

3.3 Modulare Wissensbasis

Die modulare Wissensbasis besteht aus einer sogenannten Wurzelwissensbasis und dieser Wurzelwissensbasis untergeordneten Wissensbasen. Die einzelnen Wissensbasen sind getrennt voneinander erstell- und wartbar. Sie können einzeln für komponentenspezifische Diagnosesysteme verwendet werden.

Für ein lokales Netz besitzt die Wurzelwissensbasis typischerweise eine heterarchische Struktur. Anhand dieser Wissensbasis kann eine defekte Netzwerkkomponente diagnostiziert werden, z.B. ein Transceiver. Für den Transceiver kann nun, je nach Typ, eine spezielle Wissensbasis nachgeladen werden, die den Anwender bei der Fehlersuche innerhalb des Wissensbereiches Transceiver unterstützt. Diese Vorgehensweise entspricht der Befragung eines Bereichsexperten. Dabei kann auch fallspezifisches Wissen ausgetauscht werden.

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 Bearbeitung 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 gleichbedeutend mit globalen Symptomen sind. Beim Laden der Nachfolger Wissensbasis wird eine neue lokale Agenda initialisiert. Anhand der Mapping Tabelle, die zur neuen Wissensbasis gehört, wird Information aus der globalen Agenda in die neue lokale

Agenda übertragen. Die Diagnose wird anhand der Information in der neuen lokalen Agenda fortgesetzt.

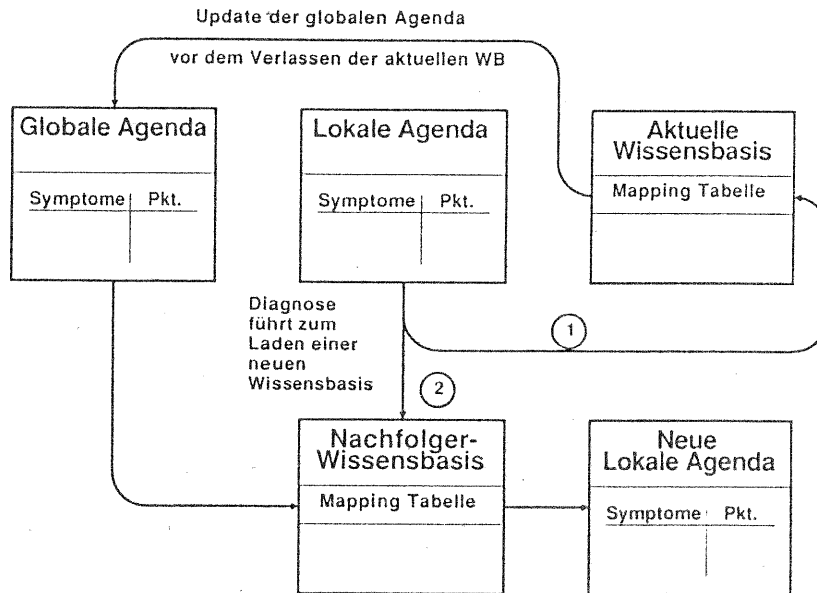


Bild 3.6 Verdachtsgenerierung beim Laden einer neuen Wissensbasis

3.4 Problemlösungskomponente

Die Problemlösungskomponente versucht anhand des in der Wissensbasis abgelegten Wissens, im Fehlerfall eine Diagnose zu stellen. Die Architektur der Problemlösungskomponente zeigt Bild 3.7. Die Ablaufsteuerung steuert mit Hilfe der Agendaoperationen die Diagnosesitzung. Die Agendaoperationen führen Operationen anhand der Informationen, die in der Agenda und in der aktuellen Wissensbasis enthaltenen sind, durch. Das Ergebnis der durchgeführten Operationen wird in die Agenda eingetragen. Zu den Agendaoperationen zählen die bekannten Diagnosealgorithmen wie Forward Chaining, Backward Chaining, Depth First, Breadth First, aber auch Algorithmen wie Verfeinerung, Laden einer neuen Wissensbasis usw., die speziell für diese Anwendung entworfen wurden.

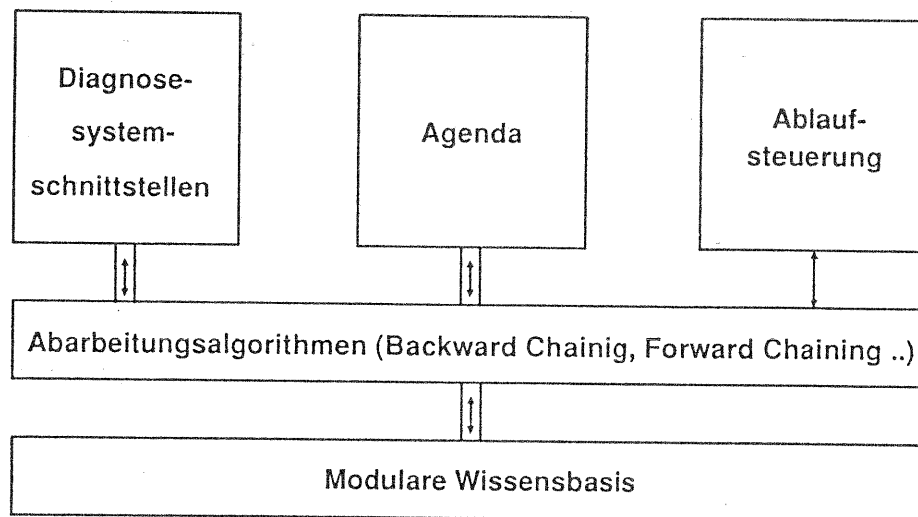


Bild 3.7 Architektur der Problemlösungskomponente

Die Regeln, wie die einzelnen Problemlösungsalgorithmen nacheinander angewandt werden, werden innerhalb der Ablaufsteuerung festgelegt. Diese Regeln können sich von Problemfall zu Problemfall unterscheiden. In der ersten Implementierung werden folgende Einstiegsmöglichkeiten für eine Diagnose unterschieden:

- **Automatisches Netzmonitoring**
Das System beobachtet das Netz fortlaufend und versucht, periodisch Symptome für eventuell vorliegende Fehler zu bestätigen. Wird ein Symptom erkannt, dann wird die Fehlerdiagnose automatisch gestartet und, soweit möglich, auch automatisch durchgeführt.
- **Benutzergesteuert**
In diesem Betriebsmodus hat der Benutzer die Möglichkeit, eine oder mehrere Komponenten zu verdächtigen. Durch die eingegebenen Verdächtigungen wird der Startpunkt für die Diagnosesitzung festgelegt. Wird jedoch keine Verdächtigung vom Benutzer angegeben, dann wird automatisch vom System das ganze Netz verdächtigt. In diesem Betriebsmodus kann vom Benutzer vorbestimmt werden, ob das System versucht, Symptome automatisch zu bewerten, oder ob die anzuwendende Symptombewertungsmethode vom Benutzer erfragt werden soll.
- **Expertenmodus**
Dieser Betriebsmodus dient überwiegend dem Test des Systems. Es können die einzelnen Abarbeitungsalgorithmen benutzergesteuert aufgerufen und deren Auswirkungen auf den Agendainhalt beobachtet werden.

3.5 Wissenserwerbskomponente

Die Wissenserwerbskomponente unterstützt den Benutzer beim Eintragen von Wissen in die Wissensbasis. Bild 3.8 zeigt den Aufbau der Wissenserwerbskomponente. Sie verfügt über zwei Erwerbsschnittstellen:

- **Dateischnittstelle**
Über diese Schnittstelle kann das Wissen, beschrieben in einer Sprache mit einer eigens definierten Syntax, über eine Textdatei in eine Wissensbasis eingelesen werden. Ebenso kann der Inhalt einer Wissensbasis in eine Textdatei ausgegeben werden. Über die Dateischnittstelle ist auch ein Anschluß des Configuration Managements an die Wissenserwerbskomponente möglich. Im Configuration Management ist die Konfiguration des Netzes abgespeichert. Durch Zugriffe auf die Datenbank des Configuration Managements ist die Wissenserwerbskomponente in der Lage, ein Gerüst für die Wurzelwissensbasis automatisch zu generieren.
- **Benutzerschnittstelle**
Anhand dieser Schnittstelle wird es dem Benutzer ermöglicht, interaktiv Wissen in die Wissensbasis einzutragen, bzw. eingetragenes Wissen zu verändern.

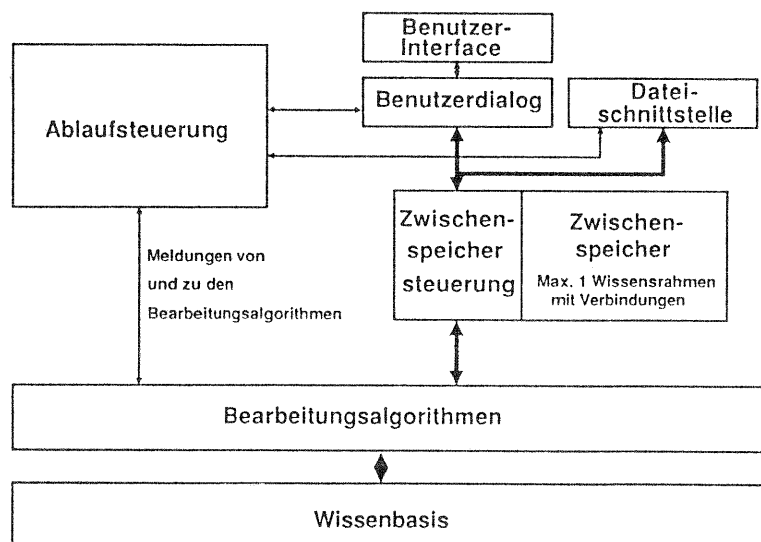


Bild 3.8

Architektur der Wissenserwerbskomponente

Das vom Benutzer eingetragene Wissen und das von einer Datei eingelesene Wissen werden intern auf eine Erwerbsschnittstelle abgebildet. Die Ablaufsteuerung steuert den gesamten Wissenserwerb mit Hilfe der Erwerbsfunktionen. Um die Widerspruchsfreiheit einer Wissensbasis zu gewährleisten, werden zwei unterschiedliche Konsistenzprüfungen durchgeführt. In einer ersten wird überprüft, ob ein eingetragener Wissensrahmen vollständig ist, d.h. zu einer Komponente gehört mindestens eine Diagnose, zur Diagnose mindestens ein Symptom. In der zweiten Konsistenzprüfung wird untersucht, ob alle eingetragenen Wissensrahmen mit der Netzstruktur der Wissensbasis verbunden sind.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Das vorgestellte verteilte Monitoring- und Diagnosesystem erlaubt es, ein lokales Rechnernetz während des Betriebes umfassend zu beobachten. Im Fehlerfall werden die im Betrieb gesammelten Netzwerkdaten ausgewertet und automatisch, mittels der verteilten Meßkomponenten, fallspezifische Daten aufgenommen. Die Automatisierung der Aufnahme von fallspezifischem Wissen verkürzt die Zeit bis zur Diagnosestellung erheblich. Zudem ist das Monitoring- und Diagnosesystem durch laufendes Beobachten des Netzes im Betrieb in der Lage, Fehler, die nicht zum Ausfall des Netzes führen, dessen Funktionalität jedoch einschränken, zu erkennen und den Benutzer darauf hinzuweisen.

Das Diagnosesystem unterstützt den Anwender bei der Fehlersuche. Durch die Aufteilung der Wissensbasis in eigenständige Wissensbasismodule, die zudem getrennt voneinander erstellt werden können, ist das Diagnosesystem einfach auf jede Netzkonfiguration anpassbar.

Im Hause Siemens befinden sich mehrere Meßsysteme im Einsatz. Von den Meßteilen Durchfluß- und Reflexionsmesser existieren Laborimplementierungen, die am IND in Gebrauch sind.

Eine Prototypimplementierung des vorgestellten Diagnosesystems unter dem Betriebssystem MSDOS ist für das IND-Rechnernetz im Einsatz, wird aber nicht mehr weiter gepflegt. An einer Neuimplementierung des Diagnosesystems unter XENIX wird gerade gearbeitet, der Kern der Problemlösungskomponente und der Kern der Wissenserwerbskomponente sind bereits implementiert. Bei der Neuimplementierung wurde eine Vielzahl von Erfahrungen, die im Bereich der Wissensbearbeitung und der Wissensdarstellung mit dem Diagnosesystem unter MSDOS gewonnen wurden, berücksichtigt.

An dieser Stelle sei der Siemens AG, speziell der Abteilung AUT E 51 in Erlangen, für die technische Unterstützung und Vermittlung von Versuchspartnern für den Einsatz von Prototypen gedankt.

Schrifttum

- [1] *Bathelt, P.; Pfeiffer, K.:* Functions and possible applications of the B5100 LAN protocol tester from Siemens. Proceedings EFOC/LAN 87, S.392-397, 1987.
- [2] *Bathelt P.:* Ein Werkzeug zur Analyse des Kommunikationsverhaltens lokaler Netze. Proceedings Prozeßrechnungssysteme '88, Informatik fachberichte, Vol. 167, S. 183-192, Springer Verlag, 1988.
- [3] *Dal Cin, Mario; Phillip, T.:* Expertensysteme für die Fehlerdiagnose. Informationstechnik it, 4/1988, S. 237-246.
- [4] *Haubner, H., J.; Kornmann, H.:* Fehlerdiagnose in verteilten Rechnersystemen mit dem Expertensystem REX. Tagungsband Prozeßrechnungssysteme '88, Informatik-Fachberichte, Vol. 167, S. 762-771, Springer Verlag, 1988.
- [5] *Heigert, J.:* OSI Netzwerk-Management: Status und Perspektiven. DATACOM 1/90, DATACOM-Verlag, 1990.

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