

Dipl.-Ing. Jürgen Schröder

# Monitoring und Diagnose in lokalen Netzen

Teil 1

*Ohne vernetzte Rechnersysteme ist die computerintegrierte Fertigung nicht denkbar. Zu einem Problem hat sich das Management solch komplexer Gebilde entwickelt. Das Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Universität Stuttgart entwickelt gemeinsam mit dem Bereich Automatisierungstechnik von Siemens ein modulares Meß-, Monitoring- und Diagnosesystem für lokale Netze. Darin integriert ist ein Expertensystem.*

Lokale Rechnernetze (LANs = Local Area Networks) werden heute zunehmend in der Fertigungs- und Büroautomatisierung eingesetzt, um eine möglichst flexible und schnelle Informationsübertragung zu gewährleisten. Die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Endgeräten erfolgt durch firmenspezifische (DECnet, TCP/IP, SINEC AP) oder international standardisierte Kommunikationsprotokolle (OSI, MAP).

Durch den Einsatz lokaler Rechnernetze werden Teilsysteme zu großen Gesamtsystemen integriert, deren Funktionalität von entscheidender Bedeutung für ein Unternehmen sein kann. Dies gilt insbesondere für den Bereich des Computer Integrated Manufacturing (CIM). Dem Anwender müssen für diese komplexen Gesamtsysteme geeignete Hilfsmittel (Netz-Management-Systeme) für die Betriebsüberwachung und die Fehlerdiagnose zur Verfügung gestellt werden [1, 7, 11].

Das Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung (IND) der Universität Stuttgart entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Bereich Automatisierungs-

technik AUT 961 Erlangen der Siemens AG ein Meß-, Monitoring- und Diagnosesystem für lokale Netze, speziell für Ethernet-LANs nach IEEE 802.3 [4]. Teile des vorgestellten Systems befinden sich bereits als Prototypen im Einsatz.

## Drei Komponenten: Messen, Monitoring, Diagnose

Das System besteht aus drei Komponenten (Bild 1):

- einem modularen, verteilten Meßsystem,
- dem Monitoring-System,
- einem Diagnosesystem.

Das Meßsystem dient der gezielten Überwachung und Beobachtung des Netzes. Es besteht aus modular aufgebauten Meßstationen mit eigenem Zugang zum Netz, die verteilt im Rechnernetz angeschlossen werden (Bild 2). Wieviele Messungen möglich sind, hängt von der Ausbaustufe der Meßstationen ab. Gesteuert werden die Stationen vom Monitoring-System, das an einer zentralen Stelle im Netz sitzt.

Das Monitoring-System nimmt Meßaufträge vom Benutzer oder vom Diagnosesystem entgegen und steuert die Durchführung der Messungen. Daneben ist es für die Auswertung und Darstellung der Meßdaten verantwortlich. Bei der Fehlersuche greift das Diagnosesystem dem Benutzer unter die Arme. Die Architektur des Diagnosesystems entspricht der eines Expertensystems, allerdings mit zwei wesentlichen Erweiterungen: der Schnittstelle zum Monitoring-System und der modular aufgebauten Wissensbasis.

## Verteiltes Meßsystem

Den Kern einer Meßstation (Bild 3) bildet die sogenannte „Basiskarte“, eine CPU-Karte mit Netzzugang nach IEEE 802.3 sowie zwei seriellen und drei parallelen Schnittstellen. Herzstück der Karte im Doppelleu-

ropa-Format sind die Zentraleinheit i80186 und der LAN-Coprozessor i82586, beide von Intel. Über den Systembus der Basiskarte lassen sich Erweiterungen anschließen.

Mit der Grundversion einer Meßstation – einer Basiskarte plus Netzteil – sind einfache Messungen möglich, etwa das Zählen von Kollisionen oder Alignment-Fehlern. Jede Station antwortet auf ISO/OSI-Echo-Request-Pakete der Ebene 2b nach IEEE 802.2 [5]. Damit läßt sich der physikalische Verbindungsweg zu jeder Meßstation überprüfen.

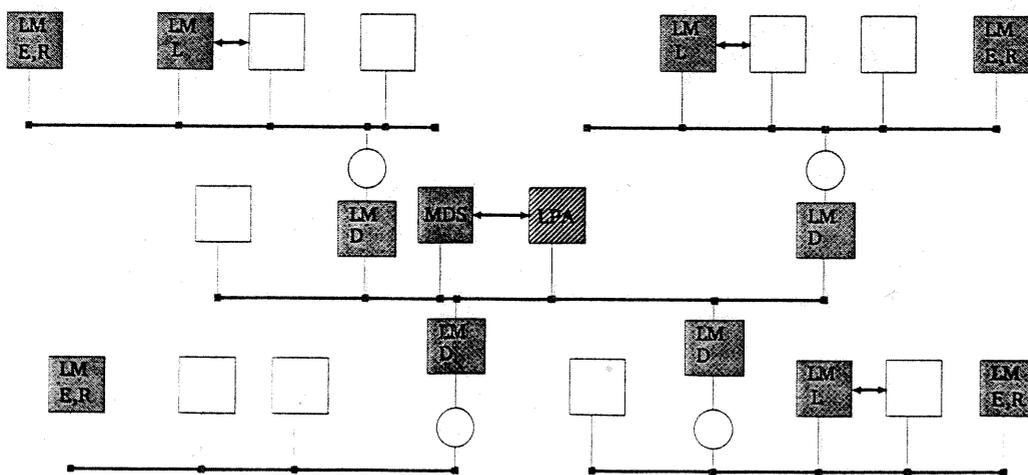
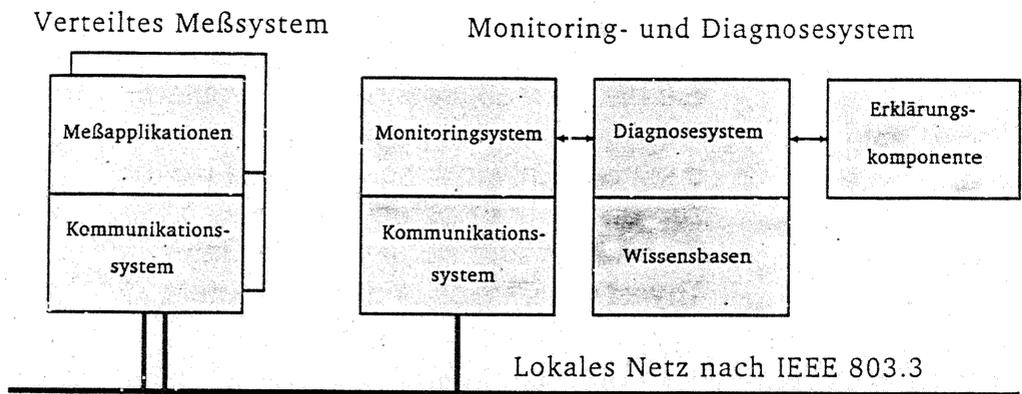
Zusätzlich besteht die Möglichkeit, in jeder Meßstation eine Tabelle von Stationen, die sogenannte „Echo-Testtabelle“, abzulegen. An die Stationen in dieser Tabelle lassen sich auf Anforderung des Monitoring-Systems Echo-Request-Anforderungen absetzen. Nach der Auswertung der empfangenen Echo-Confirm-Ant-

worten wird das Ergebnis dem Monitoring-System mitgeteilt. Momentan sind Echotests für folgende Protokolle implementiert: DECnet (Digital Equipment Cooperation Network Architecture), INA (Intel Network Architecture) und OSI LLC (Open System Interconnection Logical Link Control). Jedem Tabelleneintrag kann ein Echo-Test-Protokoll zugeordnet werden. „Versteht“ eine Station unterschiedliche Kommunikationsprotokolle, kann sie auch mehrmals in einer Tabelle aufgeführt werden.

### Durchflußmesser – den Datenpaketen auf der Spur

Zur Zeit stehen drei Komponenten des Meßsystems zur Verfügung. Die erste ist ein Durchflußmesser. Er wird in ein Transceiverkabel eingeschleift (Bild 4). Das Transceiverkabel verbindet eine Station oder eine Segmentkoppelrichtung (Repeater) mit dem Transceiver Access Point (TAP), dem eigentlichen Zugang zum Koaxialkabel. Über dieses Kabel werden empfangene und gesendete Datenpakete richtungsgetrennt übertragen.

**Bild 1. Die Architektur des Systems: Die drei Hauptkomponenten decken die Funktionen Messen, Monitoring und Diagnose ab.**



**Bild 2. Der Einsatz des Meßsystems im Netz: Gegenwärtig stehen Durchflußmesser, Reflektometer und Protokoll-Performance-Meßteil zur Verfügung.**

LM : LAN-Meßstation  
 E : Echobox  
 D : Durchflußmesser  
 R : Reflexionsmessung

LPA : LAN Protokoll - Analysator  
 MDS : Monitoring- und Diagnosesystem  
 L : Leistungsmessung

Ein weiteres Leitungspaar dient der Anzeige von Übertragungskollisionen an die angeschlossene Station. Die Spannungsversorgung des TAP läuft über ein zusätzliches Leitungspaar.

Der Durchflußmesser zeigt an, was sich auf dem Transceiverkabel tut. Gesendete und empfangene Pakete oder Kollisionen können absolut oder bezogen auf die Zeit gezählt werden. Wird der Durchflußmesser in ein Transceiverkabel zwischen TAP und Repeater eingeschleift, läßt sich der Beitrag des außenliegenden Segments zum gesamten Verkehrsaufkommen ermitteln. Durch ferngesteuertes Abschalten des TAP kann das außenliegende Segment kurzfristig vom Gesamtnetz abgetrennt werden.

### Reflektometer

Zu den charakteristischen Funktionen eines Ethernet-Segments gehört sein Reflexionsverlauf (Bild 5). Er wird als Funktion der Zeit bestimmt, indem an einem Ende des Segments ein Meßimpuls eingespeist wird. An den einzelnen Störstellen fallen Reflexionen an, die aufgezeichnet werden. Störstellen sind alle Änderungen des Wellenwiderstands, beispielsweise Transceiveranschlußpunkte und Biegungen von Segmentkabeln.

Die zulässige Amplitude des reflektierten Signals darf nach der IEEE 802.3 [4] maximal 7% des Betrags der Amplitude des eingespeisten Impulses betragen. Wird nach der Installation eines Netzsegmentes dessen charakteristische Funktion gemessen, kann diese mit dem

im Betrieb gemessenen Reflexionsverlauf verglichen werden. Anhand von Änderungen im Reflexionsverlauf läßt sich der Fehlerort bestimmen.

### Protokoll-Performance-Meßteil

In einer anderen Konfiguration führt das Meßsystem verteilte Performance-Messungen an Protokoll-Implementierungen unter realen Bedingungen durch [14]. Die LANs werden dazu mit Meßsensoren bestückt. Diese ermöglichen zeitbezogene Zustandsaufnahmen der Protokollbearbeitung. Die Auswertung der Daten übernimmt das Monitoring-System. Schwächen in Protokoll-Implementierungen lassen sich so erkennen und beheben. Das Teilsystem für Performance-Messungen befindet sich bereits im Einsatz, läuft aber gegenwärtig im Stand-alone-Betrieb. Eine Integration in das Gesamtsystem ist jedoch vorgesehen.

### Zusätzliche Erweiterungen

Wegen der erweiterten Möglichkeiten des Grundsystems mußte die Speicherkapazität erweitert werden. Zu den 128 KByte EPROM und 128 KByte RAM auf der Basiskarte kommen wahlweise 640 KByte EPROM oder SRAM. Die batteriegepufferte Speichererweiterung wird vor allem benötigt, wenn Konfigurationsdaten, etwa die oben erwähnte Echo-Testtabelle, nichtflüchtig in einem Meßsystem gehalten werden sollen. Die implementierte Uhr dient einer groben Zeitzuordnung der durchgeführten Messungen.

Mit Hilfe eines Floppy-Disk-Controllers werden die beiden letzten Meßergebnisse einer Meßstation auf 3,5-Zoll-Floppies übertragen. Das Datenformat entspricht dem Unix-tar-Format und kann mit Hilfe des tar Utility von jedem PC gelesen werden. Die Daten der

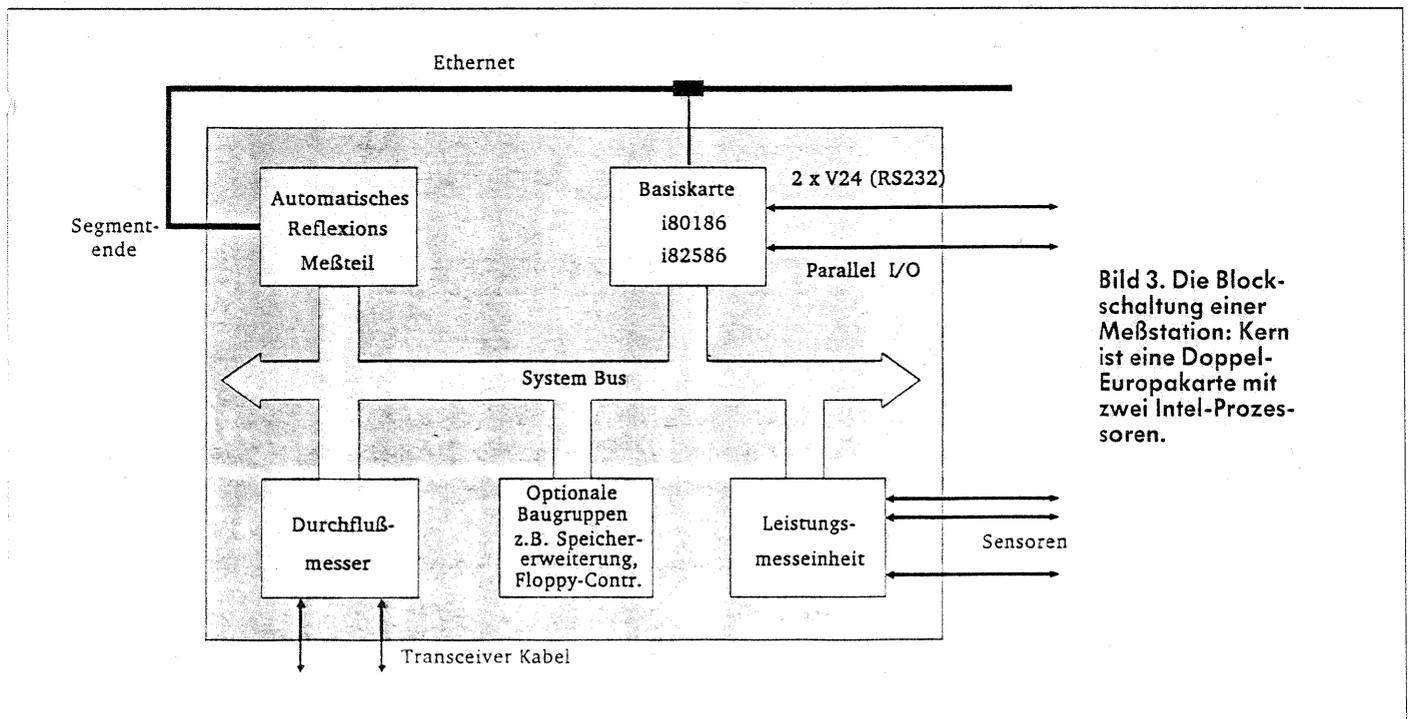


Bild 3. Die Blockschaltung einer Meßstation: Kern ist eine Doppel-Europakarte mit zwei Intel-Prozessoren.

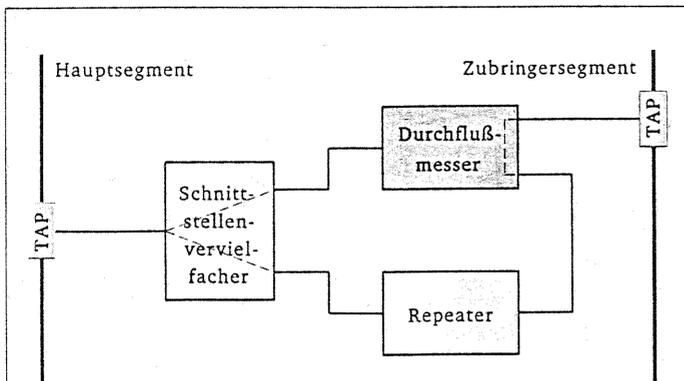


Bild 4. Durchflußmesser in einem Repeater-Anschluß: Erfassen läßt sich die Zahl der gesendeten und empfangenen Datenpakete sowie der Kollisionen.

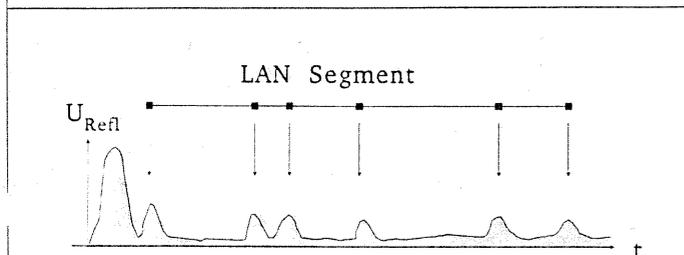


Bild 5. Reflexionsverlauf eines Ethernet-Segments: Die zulässige Amplitude des reflektierten Meßsignals darf laut IEEE maximal 7% des Betrages der Amplitude des eingespeisten Impulses betragen.

einzelnen Messungen liegen dann in Dateien vor und lassen sich mit Hilfe geeigneter Programme interpretieren. Speziell nach einem Ausfall des Netzes, wenn sich die Meßstationen nicht mehr über das LAN steuern lassen, kann eine solche Diskette wertvolle Hinweise auf die Fehlerursache liefern.

### Steuersoftware der Meßstationen

In den Meßstationen kommt ein einfaches, meldungsorientiertes Betriebssystem (QOS = Queue Operating System) zum Einsatz, das am IND entwickelt wurde. Bei der Initialisierung wird überprüft, welche Meßfunktionen vorhanden sind, und eine entsprechende Applikation initialisiert. Diese kann Meldungen aus der zentralen Meldungswarteschlange empfangen und in sie eintragen. Die Meldungen werden vom System an die angemeldeten Applikationen weitergereicht und dort verarbeitet. Die Software zur Steuerung jeder Systemkomponente gilt dabei als Applikation. Ein vom LAN empfangener Meßauftrag beispielsweise wird als Meldung der LAN-Kommunikation in die Meldungswarteschlange eingetragen. Die aktivierten Anwendungen



# INGO der Ingenieur

... und die Fundsache.



### Fast schon Darlings! Hochverstärkende PNP-Transistoren

$U_{CE0}$  bis  $-200V$ ,  $I_C$  bis  $-3A$   
 $P_{tot}$  bis  $1W$

Beispiel: **ZTX 792 A**

$U_{CE0min}$  =  $-70V$   
 $I_{Cmax}$  =  $-2A$   
 $I_{CMmax}$  =  $-6A$   
 $P_{totmax}$  =  $1W$

Fordern Sie Muster an!

# ZETEX

GmbH

Drosselweg 30  
8000 München 82  
Tel.: 089 / 430 9029  
Fax: 089 / 439 3764  
Telex: 5 29 313

erhalten die Meldung und führen entsprechende Aktionen durch.

### Das Monitoring-System

Das Monitoring-System (Bild 6) hat folgende Aufgaben:

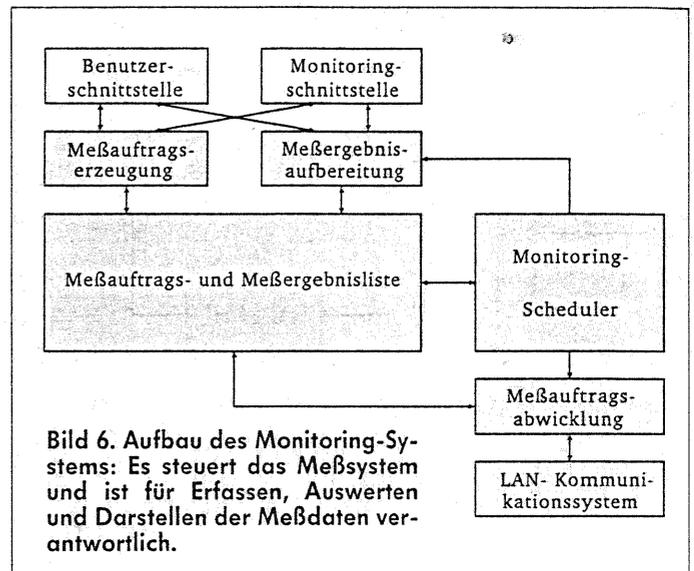
- Steuerung des Meßsystems;
- Erfassung von Meßdaten;
- Auswerten und Darstellen von Meßdaten.

Meßaufträge erhält das Monitoring-System entweder vom Anwender oder vom Diagnosesystem. Ein Meßauftrag wird in Basismeßaufträge zerlegt. Das sind Messungen, die von den Meßstationen selbständig, ohne Zutun des Monitoring-Systems durchgeführt werden. Basismeßaufträge werden in den Meßstationen durch Meßfunktionen realisiert. Jeder Auftrag wird in der Meßauftrags- und Meßergebnisliste registriert. Die Meßauftragsliste enthält alle Parameter, die die durchzuführende Messung eindeutig beschreiben. Dazu gehören

- Beginn und Ende der Messung,
- Status der Messung (läuft, beendet usw.),
- Parameter zur Meßauftragsverwaltung durch den Monitoring Scheduler,
- gewünschte Ausgabe des Meßergebnisses.

Der Monitoring Scheduler überwacht die Einträge der Meßauftragsliste und stößt zum gewünschten Zeitpunkt die Durchführung eines Meßauftrages an. Dazu wird der Meßauftrag an die Meßauftrags-Abwicklung übergeben. Sie erzeugt die für den Meßauftrag notwendigen Basismeßaufträge und übergibt diese an das LAN-Kommunikationssystem. Die Ergebnisse der Basismeßaufträge werden vom LAN-Kommunikationssystem an die Meßauftragsabwicklung zurückgegeben. Diese trägt die Ergebnisse in die Meßauftrags- und Meßergebnisliste ein. Vom Monitoring Scheduler wird daraufhin die Meßergebnis-Aufbereitung angestoßen.

Für die Interpretation und Ausgabe der Meßergebnisse ist die Meßergebnis-Aufbereitung zuständig. Um mehrere Messungen parallel durchführen zu können, ist das Monitoring-System als Mehrprozesssystem aus-



gelegt. Für jeden Meßauftrag wird durch den Monitoring Scheduler ein eigener Meßauftrags-Abwicklungsprozeß generiert, der die Durchführung des Auftrags steuert. Für die notwendige Interprozess-Kommunikation wird die Meßauftrags- und Meßergebnisliste als Shared Memory realisiert. Das Monitoring-System bietet die Möglichkeit, weitere Meßsysteme, beispielsweise Protokollanalytoren, zu integrieren. Dafür muß ein Satz von Basismeßaufträgen definiert werden, die ferngesteuert durch das Monitoring-System durchgeführt werden können. *(Wird fortgesetzt)*

### Literatur

- [1] Brusil, P.: Towards a unified theory of managing large networks. IEEE Spektrum, 4/1989, S. 39...42.
- [2] Dal Cin, M.; Phillip, T.: Expertensysteme für die Fehlerdiagnose. Informatikstechnik, 4/1988, S. 237...246.
- [3] Delfs, H.: Diagnose-Expertensysteme brauchen Hypertext - Das Beispiel MAX. Workshop „Hypertext/Hypermedia 90“ der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD). Springer Verlag, 1990.
- [4] IEEE Std 802.3-1985, ISO Draft International Standard 8802/3, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD), Access Method and Physical Layer Specifications.
- [5] IEEE Std 802.2-1985, ISO Draft International Standard 8802/2, Logical Link Control.
- [6] Jackson, P.: Introduction to Expert Systems. Addison-Wesley, Reading, 1986.
- [7] Kiesel, W. M.: Netzwerkmanagement für Kommunikationsnetze in der Produktionsautomatisierung. Tagungsband Kommunikation in verteilten Systemen. Informatik-Fachberichte, Vol. 205, S. 718...729. Springer Verlag, 1989.
- [8] Puppe, F.: Diagnostik Expertensysteme. Informatik Spektrum 10/1987, S. 293...308. Springer Verlag.
- [9] Puppe, F.: Diagnostisches Problemlösen mit Expertensystemen. Informatik-Fachberichte, Vol. 148. Springer Verlag, 1987.
- [10] Pasquale, J.: Using Expert Systems to Manage Distributed Computer Systems. IEEE Network, 9/1988, S. 22...28.
- [11] Schollenberger, W.: Netzwerkmanagement. Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung (IND), Universität Stuttgart, 1989.
- [12] Schröder, J. M.; Gemkow, U.: Ein Diagnosesystem für lokale Netze. Kongreß der VDI/VDE Gesellschaft Meß- und Automatisierungstechnik. VDI-Berichte Nr. 855, S. 141...152, 18./19. September 1990, Baden-Baden.
- [13] Schröder, J. M.: Ein modulares, verteiltes Diagnose-Expertensystem für die Fehlerdiagnose in lokalen Netzen. Automatisierungstechnische Praxis, atp, 32. Jahrgang, Heft 11, S. 557...565, Oldenbourg Verlag.
- [14] Weixler, M.: Distributed Measurement System for Protocols and Applications in ISO 8802/3 LANs. Fourth International Conference on Data Communications Systems and their Performance, 20.-22. Juni 1990, Barcelona. Conference Reprints, S. 448...455.



**Dipl.-Ing. Jürgen Schröder**, geboren 1958 in Waiblingen, studierte an der Universität Stuttgart Elektrotechnik, Studienmodell „Theoretische Nachrichtentechnik“. Seit 1987 ist er dort am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung von Prof. Dr.-Ing. Kühn als wissenschaftlicher Angestellter beschäftigt. Zur Zeit arbeitet er an seiner Promotion, die sich mit der Diagnose in Rechner-netzen beschäftigt.

*Ohne vernetzte Rechnersysteme ist die computerintegrierte Fertigung nicht denkbar. Das Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Universität Stuttgart (IND) entwickelt gemeinsam mit dem Bereich Automatisierungstechnik von Siemens ein modulares Meß-, Monitoring- und Diagnosesystem für lokale Netze. Bei der Diagnose von Fehlfunktionen greift es auf die Hilfe eines Expertensystems zurück.*

Dipl.-Ing. Jürgen Schröder

# Monitoring und Diagnose in lokalen Netzen

## Teil 2

### Das Diagnosesystem

Das Diagnosesystem (Bild 7) ist wie ein Expertensystem aufgebaut [2, 6, 8, 9, 10]. Das statische Wissen (Komponentenbäume, Symptom-Diagnose-Zuordnungen usw.), das für die Suche nach einer Diagnose benötigt wird, ist in einer modularen Wissensbasis abgelegt. Vom aktuellen Fehlerfall abhängiges Wissen (Testergebnisse usw.) sind in einer „Agenda“ gespeichert. Tritt ein Fehler auf, sucht die Problemlösungskomponente nach einer Diagnose. Sie arbeitet mit dem in der Wissensbasis abgelegten statischen Wissen und erfragt vom Benutzer einzelne Fehler-Erscheinungsbilder (Symptome). Alternativ dazu greift sie auf das Monitoringsystem zurück, um Symptome automatisch abzufragen. Neben der Benutzer- und der Monitoring-Schnittstelle sind noch eine Diagnosesystem-Schnittstelle und ein Datei-Interface vorgesehen.

Die Diagnosesystem-Schnittstelle dient der Kommunikation der Diagnosesysteme untereinander. Für

große Netze ist es sinnvoll, für das Diagnosesystem eine hierarchische, verteilte Struktur zu verwenden. Die Datei-Schnittstelle ist für die Protokollausgabe durch die Erklärungskomponente zuständig sowie für Erfassung und Darstellung des Wissens durch die Komponente „Wissenserwerb“. Diese erfaßt das Wissen über den zu diagnostizierenden Wissensbereich. Die Erfassung des Wissens kann durch Wissensbeschreibung mittels einer speziellen Syntax in einer Datei oder menügesteuert durch die Benutzer-Schnittstelle erfolgen. Die Erklärungskomponente dient der Dokumentation einer Diagnosesitzung. Sie erläutert dem Benutzer eine gestellte Diagnose.

### Die Darstellung des Wissens

Eine Wissensbasis besteht aus mindestens einem Wissensbasismodul. Solche Module können unabhängig voneinander entwickelt werden und wiederum aus verschiedenen „Unter“-Modulen bestehen. Ein Wissensbasismodul für einen bestimmten Typ von Workstation läßt sich als Wissensbasis für diesen Rechner verwenden. Dasselbe Modul kann aber auch in eine Wissensbasis eines LAN integriert werden, in dem diese Workstation eingesetzt wird.

Die Verteilung des Systemwissens auf einzelne Wissensbasismodule entspricht der Vorgehensweise von menschlichen Experten [13]. Das Wissen über ein großes System ist in der Regel auf mehrere Bereichsexperten verteilt, die bei Auftreten eines Fehlers gemeinsam nach einer Lösung suchen. Ein Systemexperte schränkt den Wissensbereich, in dem der Fehler zu suchen ist, soweit ein, daß

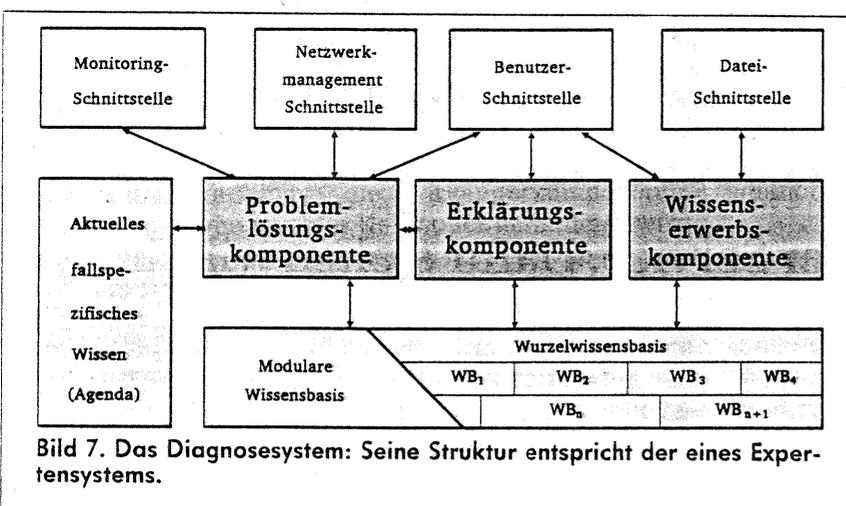


Bild 7. Das Diagnosesystem: Seine Struktur entspricht der eines Expertensystems.

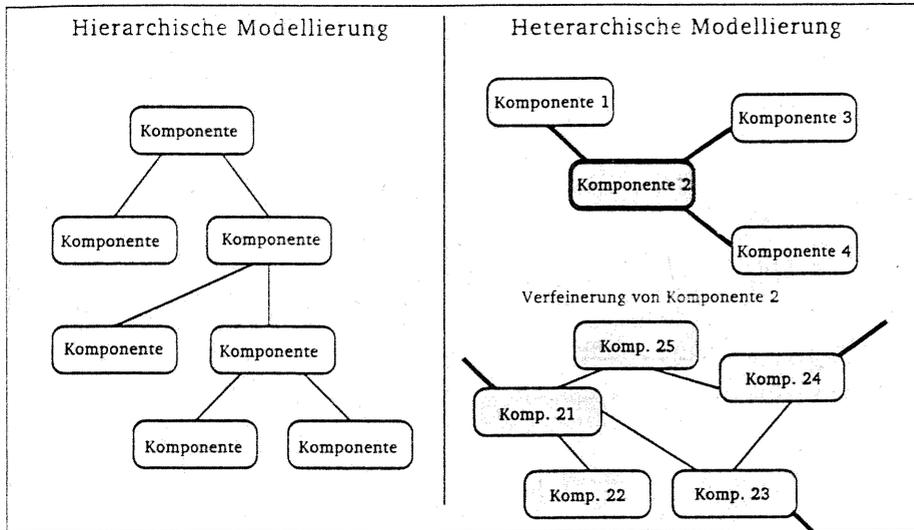


Bild 8. Zwei Arten der Wissensmodellierung: Bei der hierarchischen Variante (links) hat jede Komponente nur jeweils einen Vorgänger. Beim heterarchischen Modell (rechts) werden den Komponenten Beschreibungsebenen zugewiesen. Auf derselben Ebene dürfen die Komponenten beliebig miteinander verknüpft werden.

mit der weiteren Fehlersuche ein Bereichsexperte beauftragt werden kann. Dieser kann dann innerhalb seines Bereiches wiederum Bereichsexperten für entsprechende Teilgebiete beauftragen usw.

Verfügt man über Wissensbasismodule für die Teile eines Gesamtsystems, muß nur noch die „Wurzelwissensbasis“ aufgebaut werden. Das ist ein Wissensbasismodul, in dem die Konfiguration des Gesamtsystems bis auf die Ebene der verwendeten Teilsysteme beschrieben wird. Das für die Diagnose nötige Wissen wird durch Objekte und Zuordnungen der Objekte untereinander beschrieben. Folgende Objekte finden Verwendung:

- Komponente;
- Enddiagnose;
- Diagnose;
- Symptom;
- Symptomermittlungsmethode;
- Erklärung;
- Nachfolgerwissensbasis.

Komponenten sind alle im Gesamtsystem LAN vorkommenden physikalischen (Endgeräte, Netzsegmente, Kabel usw.) und logischen (Protokollsoftware, Betriebssysteme usw.) Einheiten. Die Zuordnung von Komponenten dient der Modellierung eines Systems. Sie erfolgt nach zwei unterschiedlichen Ordnungsprinzipien (Bild 8): dem hierarchischen und dem heterarchischen Modell [12]. Das Ordnungsprinzip wird für ein Wissensbasismodul festgelegt und läßt sich innerhalb des Moduls nicht verändern. Die Wissensbasis selbst kann dagegen aus Wissensbasismodulen bestehen, die unterschiedlichen Ordnungsprinzipien gehorchen.

In einer hierarchischen Wissensbasis hat eine Komponente eine oder mehrere Nachfolgerkomponenten, jedoch nur eine Vorgängerkomponente. Die Nachfolgerkomponenten verfeinern die Vorgängerkomponente. Die erste Komponente eines Komponentenbaumes wird als Wurzelkomponente bezeichnet. Mit Hilfe dieser Syntax lassen sich einzelne Netzkomponenten wie PCs oder Workstations beschreiben.

Für Netzstrukturen ist dagegen die heterarchische Beschreibungsweise besser geeignet. In ihr werden den Komponenten sogenannte Beschreibungsebenen zugeordnet, auf denen sie beliebig miteinander verknüpft werden dürfen. Eine verdächtige Komponente kann durch weitere Strukturen verfeinert werden. Bei der

Diagnose werden allerdings nur die verdächtigen Komponenten verfeinert. Dieses Verfahren wird auch als dynamische Modellierung bezeichnet.

Es wird zwischen Enddiagnosen und Diagnosen unterschieden. Für Enddiagnosen ist typisch, daß bei ihrer Bestätigung eine Diagnosesitzung abgeschlossen werden kann. Wurde beispielsweise ein Monitor durch einen Brand zerstört, ist es unsinnig, die Fehlersuche innerhalb des Monitors fortzusetzen. Diagnosen bezeichnen dagegen Fehler, bei deren Bestätigung eine Fortsetzung der Sitzung sinnvoll ist.

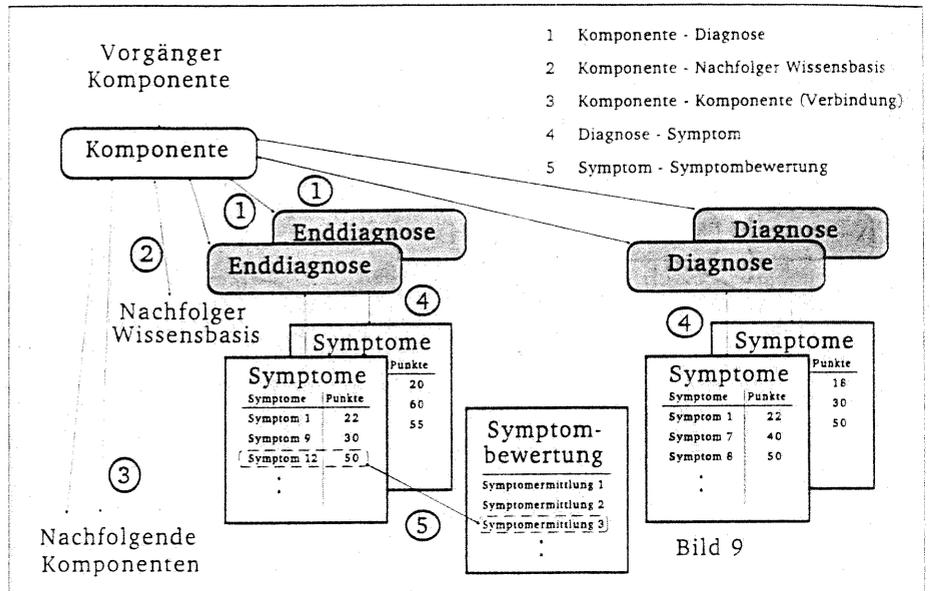
Die Erscheinungsbilder von Fehlern werden als Symptome bezeichnet. Sie können einer oder mehreren Diagnosen oder Enddiagnosen zugeordnet werden. Weil ein Symptom die eine Diagnose mehr, die andere weniger bestätigen kann, wird die Zuordnung von Symptomen zu Diagnosen durch eine Punktzahl gewichtet. Spezielle Systemermittlungsmethoden dienen der automatischen Ermittlung von Symptomen. Der Aufwand, der mit dem Einsatz einer solchen Methode verbunden ist, wird ebenfalls durch eine Punktzahl charakterisiert.

Erklärungen können allen oben genannten Objekten zugeordnet werden. Erklärungen sind Systemaufrufe, die vom Diagnosesystem durchgeführt werden, wenn vom Anwender zu einem Objekt eine Erklärung gewünscht wird. Damit lassen sich beispielsweise Grafik-, Text- oder Hypertextsysteme [3] für die Ausgabe heranziehen. Ist eine Komponente hinreichend verdächtig, dann wird die Nachfolger-Wissensbasis geladen. Bild 9 veranschaulicht am Beispiel einer hierarchischen Wissensbasis die Zuordnung der Objekte untereinander.

### Die Wissenserwerbskomponente

Die Erfassung von Expertenwissen und dessen Darstellung in einem Wissensbasismodul ist Aufgabe der Wissenserwerbskomponente. Sie verfügt über zwei Schnittstellen – die Benutzer- und die Datei-Schnittstelle. Die Benutzer-Schnittstelle dient einerseits der Bedienung der Wissenserwerbskomponente und zum anderen der menügesteuerten Wissenserfassung. Mit

Bild 9. Die Zuordnung der Objekte am Beispiel einer hierarchischen Wissensbasis



Hilfe letzterer lassen sich Änderungen in einer Wissensbasis durchführen. Für den Aufbau einer Wissensbasis ist sie nicht geeignet; dafür ist die Datei-Schnittstelle vorgesehen. Anhand einer speziellen Syntax kann das Wissen in einer Datei beschrieben werden. Diese wird von der Wissenserwerbskomponente in eine Wissensbasis umgesetzt.

Eine Wissensbeschreibungs-Datei (Bild 10) gliedert sich in fünf Abschnitte. Im ersten Abschnitt, eingeleitet durch das Schlüsselwort \*HEADER, werden Name (\*WB\_NAME) und Organisation der Wissensbasis (\*ORG) vereinbart. Der zweite Abschnitt dient der Definition der Komponenten und der Beschreibung beziehungsweise Zuordnung der Komponenten untereinander. Im Beispiel sind die Komponenten 11 und 12 Nachfolgerkomponenten der Komponente 1. Komponente 121 ist Nachfolgerkomponente der Komponente 12. Die Punktzahl ist ein Wert, der die Fehlerhäufigkeit der nachfolgenden Komponente charakterisiert. Dieser

Wert wird durch die Problemlösungskomponente ausgewertet und in eine Fehlerstatistik übernommen.

In Abschnitt drei der Wissensbeschreibungs-Datei (\*SYMPTOM) werden Symptome vereinbart. Durch die Anwendung des C-Precompilers kann in der Wissensbeschreibungs-Datei auch das „#define“-Statement benutzt werden. Damit lassen sich für Text-Strings Abkürzungen einführen. Ein Symptom wird durch das Schlüsselwort \*SYM mit nachfolgendem Text-String vereinbart. Mit dem Schlüsselwort \*METH wird dem Symptom eine Symptomermittlungs-Methode zugeordnet. Die nachfolgende Punktzahl charakterisiert den Aufwand, der zur Ermittlung des Symptoms notwendig ist. Einem Symptom können mehrere Ermittlungsmethoden zugeordnet werden. Folgt dieser Vereinbarung das Schlüsselwort \*INFO, wird der Systemaufruf für die Ausgabe einer Erklärung angegeben.

Im vierten Abschnitt – eingeleitet durch das Schlüsselwort \*FRAME – erfolgt die Zuordnung von Enddia-

```
*HEADER
*WB_NAME : "beispiel";
*ORG : HIERARCHISCH
*VERNETZUNG
*VERBINDUNG
"Komponente 1" -- "Komponente 11",10
"Komponente 1" -- "Komponente 12",10
"Komponente 12" -- "Komponente 121", 10
*SYMPTOM
#define S1 "Text von Symptom 1"
*SYM S1
    *METH "Sichtkontrolle", 20
    *INFO "emcas ..."
#define S2 "Text von Symptom 2"
*SYM S2
    *METH "Methl", 20
    *INFO "emcas sym2.hlp"
*FRAME
*KOMP "Komponente 1"
    *DIAG "Diagnose 1"
        *INFO
        *SYM S1
    *ENDDIAG "Enddiagnose 1"
        *INFO "emcas..."
        *SYM S2, 50
        *SYM S1, 10
*KOMP "Komponente 11"
*NACHF_WB "Name der Nachfolgerwissensbasis"
    *DIAG "....."
        *SYM
*MAPPING
```

Bild 10. Struktur einer Wissensbeschreibungs-Datei: Sie wird von der Wissenserwerbskomponente gelesen und in eine Wissensbasis umgesetzt.

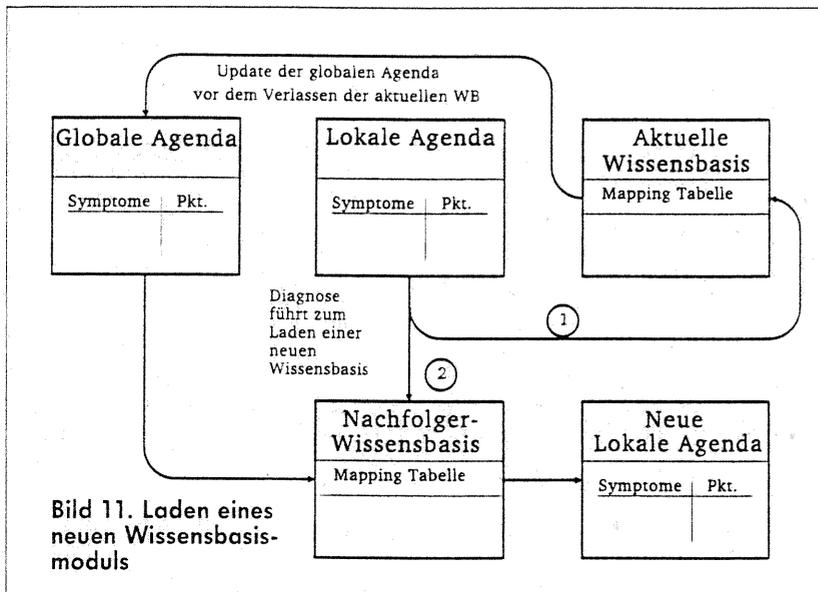


Bild 11. Laden eines neuen Wissensbasis-moduls

Der letzte Abschnitts der Wissensbeschreibungsfeld, markiert durch \*MAPPING, dient dem Zusammenbau einer Wissensbasis aus Modulen. Da diese unabhängig voneinander erstellt werden, mußte eine Möglichkeit bestehen, beim Übergang von einem Modul zu einem anderen fallspezifisches Wissen zu übergeben. Fallspezifisches Wissen wird durch die Bewertung von Symptomen erfaßt. Um nun Symptome, die in einem Vorgänger-Wissensbasismodul erfaßt wurden, an ein nachfolgendes Modul zu übergeben, werden diese Symptome zu sogenannten globalen Symptomen ernannt.

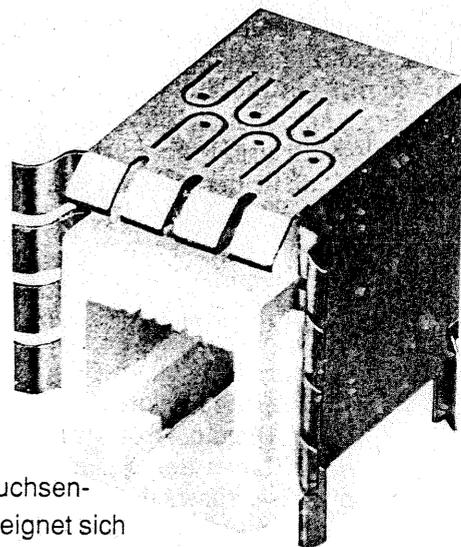
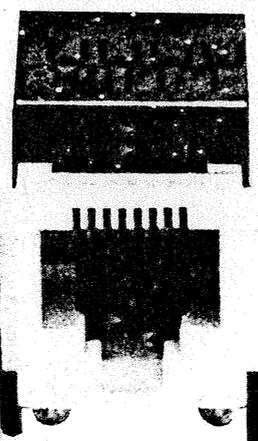
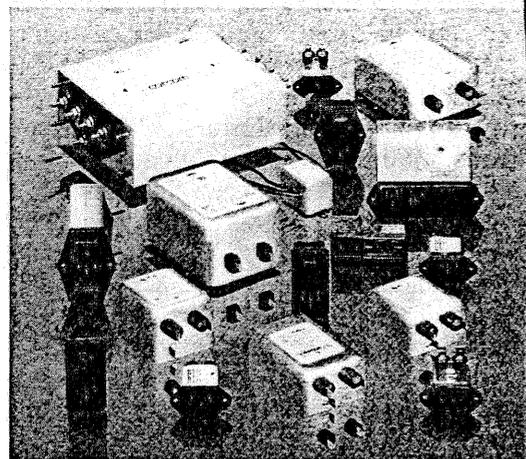
osen (\*ENDDIAG) und Diagnosen (\*DIAG) zu Komponenten, von Symptomen (\*SYM) zu Diagnosen, von Nachfolger-Wissensbasen (NACHF\_WB) zu Komponenten und von Erklärungen (\*INFO) zu Nachfolger-Wissensbasen, Komponenten, Enddiagnosen und Diagnosen. Die Punktwerte, die den Symptomen folgen, charakterisieren die Gewichtung des Symptoms zur Bewertung der Diagnose.

Ein Beispiel (Bild 11): Eine Komponente des aktuellen Wissensbasismoduls ist hinreichend verdächtig. Ihr ist ein Wissensbasismodul zugeordnet, das eine genauere Diagnose zuläßt. Anhand der Mapping-Tabelle wird die globale Agenda auf den neuesten fallspezifischen Wissensstand gebracht. Nun wird das nachfolgende Wissensbasismodul geladen und eine neue lokale Agenda eingerichtet. Anhand des fachspezifischen Wissens in

# SIGNALSENTRY™

LC-gefilterter und abgeschirmter Modular-Jack

ENTSTÖREN

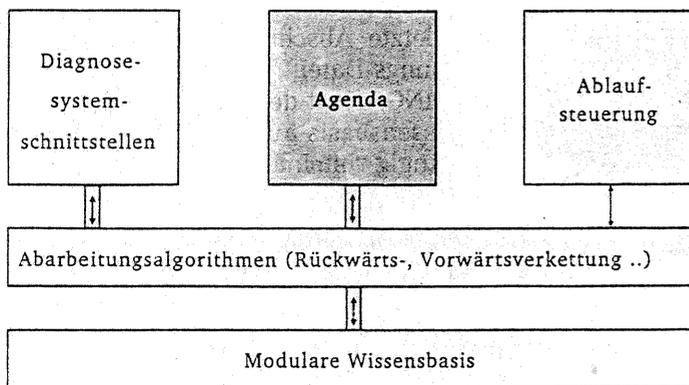


Unsere neue Interface-Buchsenreihe Signal-Sentry Jack eignet sich besonders für Applikationen in den Bereichen von Telekommunikations-Endgeräten, LAN-Netzen und ähnlichen Anwendungen. Die Integration von L- und C-Komponenten im Steckbaureaum und die unmittelbare Kontaktierung der Kondensatoren mit der Schirmung führte zu einem platzsparenden Bauelement mit hervorragenden Störunterdrückungseigenschaften im Bereich von 20-1000 MHz. Fordern Sie weitere Informationen an.

**CORCOM**

Corcom GmbH · Bunsenstr. 1  
D-8033 Martinsried · Telefon 0 89/8 57 92-0 · Fax 0 89/8 57 92 58

J-G/1806/1290



**Bild 12. Aufbau der Problemlösungskomponente:** Kern sind die Agenda-Operationen. Sie haben Zugriff auf die äußeren Schnittstellen der Problemlösungskomponente, die Agenda und die Wissensbasis.

der globalen Agenda und der Mapping-Tabelle des neuen Moduls werden die globalen Symptome in die neue lokale Agenda eingetragen. Mit den bereits bekannten Symptomen wird nun die Diagnose fortgesetzt.

### Die Problemlösungskomponente

Kern der Problemlösungskomponente des Diagnosesystems sind die Agenda-Operationen (Bild 12). Sie haben Zugriff auf die äußeren Schnittstellen der Problemlösungskomponente, die Agenda und die Wissensbasis. Nach Aktivierung einer Agenda-Operation wird zunächst der Inhalt der Agenda gelesen. Anhand des aktuellen Agenda-Inhalts werden dann Operationen durchgeführt, wobei ergänzendes Wissen aus der Wissensbasis oder über die Schnittstellen der Problemlösungskomponente erfragt wird. Das Ergebnis einer Agenda-Operation wird in die Agenda eingetragen.

Als Agenda-Operation stehen verschiedene Algorithmen zur Verfügung. Die *Rückwärtsverkettung* versucht, eine verdächtige Diagnose zu bestätigen. Dazu entnimmt der Algorithmus der Agenda die verdächtigste Diagnose, der Wissensbasis die zugehörigen Symptome und trägt diese in die Agenda ein. Anhand der positiv bewerteten Symptome trägt die *Vorwärtsverkettung* ebenfalls in Betracht kommende Komponenten und Diagnosen in die Agenda ein.

Baumvervollständigung, Breiten- und Tiefensuche finden nur bei hierarchisch organisierten Wissensbasismodulen Anwendung. Durch Anwendung der Vorwärtsverkettung kann es vorkommen, daß ein unvollständiger Komponentenbaum in die Agenda eingetragen wurde. Die *Baumvervollständigung* ergänzt den Inhalt der Agenda. Die *Breitensuche* trägt die nächst verdächtige Komponente derselben Verfeinerungsebene der verdächtigsten Komponente in die Agenda ein. Die *Tiefensuche* wiederum wählt die verdächtigste Nachfolgerkomponente der Komponente aus, die für

eine Störung verantwortlich gemacht wird, und trägt diese in die Agenda ein.

Wegesuche und Verfeinerung kommen nur bei hierarchischen Wissensbasismodulen vor. Die *Wegesuche* dient dazu, die auf dem Verbindungsweg zwischen zwei verdächtigen Komponenten liegenden Komponenten in die Agenda einzutragen. Mit Hilfe der Agenda-Operation *Verfeinerung* wird die Verfeinerung der verdächtigsten Komponente in die Agenda eingetragen. Für die Bewertung der Symptome in der Agenda, die unbewertet sind, ist die *Symptombewertung* zuständig. Die Bewertung erfolgt nach den Symptomermittlungsmethoden in der Wissensbasis.

Die Bewertung der Diagnosen anhand der bewerteten Symptome wird durch die *Diagnosebewertung* durchgeführt. Welche Agenda-Operation durchgeführt wird, entscheidet die Ablaufsteuerung der Problemlösungskomponente. Die aufgerufenen Agenda-Operationen melden das Ergebnis der Operation an die Ablaufsteuerung zurück.

Die Problemlösungskomponente kann in drei unterschiedlichen Betriebsmodi betrieben werden:

- Alle Symptome werden durch den Benutzer bewertet;
- alle Symptome werden automatisch bewertet;
- die Auswahl der Symptombewertung erfolgt durch den Benutzer.

### Die Erklärungskomponente

Die Erklärungskomponente erläutert dem Anwender die Vorgehensweise des Diagnosesystems. Sie nutzt dazu die Protokollinformation, die während einer Diagnosesitzung durch die Problemlösungskomponente in eine Datei übertragen wird. Erklärungen zur Vorgehensweise der Problemlösungskomponente können während oder nach Abschluß einer Diagnosesitzung angefordert werden.

### Entwicklungsstand und Perspektiven

Die Komponenten des Meßsystems befinden sich als Prototypen bereits im Einsatz. Neben dem modularen Meßsystem wurde ein kleiner handlicher LAN-Tester entwickelt, mit dem die genannten Echofunktionen und einfache Statistikfunktionen wie das Zählen von Paketen oder Kollisionen durch einen Techniker vor Ort durchgeführt werden können. Ein erster Prototyp des Diagnosesystems mit direktem Anschluß an das Meßsystem auf Basis von MS-DOS wurde am Rechnernetz des IND erfolgreich eingesetzt [13]. Das System wird jedoch nicht mehr weiter gepflegt, da sich das Betriebssystem für solche komplexen Anwendungen als ungeeignet erwies. Die Erfahrungen mit diesem System flossen in eine neue Implementierung unter Xenix/Unix ein.

Diese Neuimplementierung ist nahezu abgeschlossen. Eine erste Version wurde an Siemens übergeben. Das Monitoringsystem zur Steuerung des Meßsystems befindet sich dagegen noch in der Entwicklung. Ein erster Prototyp wird im Herbst dieses Jahres verfügbar sein. Die Gesamtintegration von Meßsystem, Monitoringsystem und Diagnosesystem wird voraussichtlich im Frühjahr 1992 abgeschlossen sein. □