

Schollenberger, Werner

## Monitoringsystem für ein verteiltes LAN-Meßsystem

Der Schaden, den ein Ausfall eines lokalen Netzes in einem größeren Unternehmen verursacht, rechtfertigt den Aufwand für ein stationär installiertes LAN-Meßsystem für die schnelle Fehlerlokalisierung. Im normalen Betrieb kann das System für die Netzüberwachung eingesetzt werden, wofür zusätzlich ein Monitoringsystem zur zentralen Verwaltung der Messungen benötigt wird. Am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Universität Stuttgart wurde im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit der Siemens AG ein verteiltes Meßsystem für Netze nach dem ISO-Standard 8802/3 (Ethernet) und ein Monitoringsystem entwickelt. Beide Systeme werden in diesem Artikel vorgestellt.

### 1. Einleitung

Der allgemeine Trend, zentrale Mainframes durch verteilte Workstations zu ersetzen, führt dazu, daß lokale Rechnernetze (LANs) eine Schlüsselrolle in der modernen Fertigungs- und Büroautomatisierung erlangen. In der rechnerunterstützten Fertigung (Computer Integrated Manufacturing, CIM) bilden LANs das Rückgrat des Produktionsablaufes. Netze, basierend auf dem ISO-Standard 8802/3 (Ethernet) [ISOMac], haben sich aufgrund ihrer Einfachheit und Robustheit in vielen Bereichen durchgesetzt und bilden großflächige Netze. Die Abhängigkeit der industriellen Produktivität von diesen Netzen bedeutet, daß, im Falle eines Ausfalles, sehr hohe Kosten über die Dauer der Nichtverfügbarkeit entstehen. Unterstützung bei der Fehlerlokalisierung und eine vorbeugende Überwachung haben deshalb eine hohe Priorität.

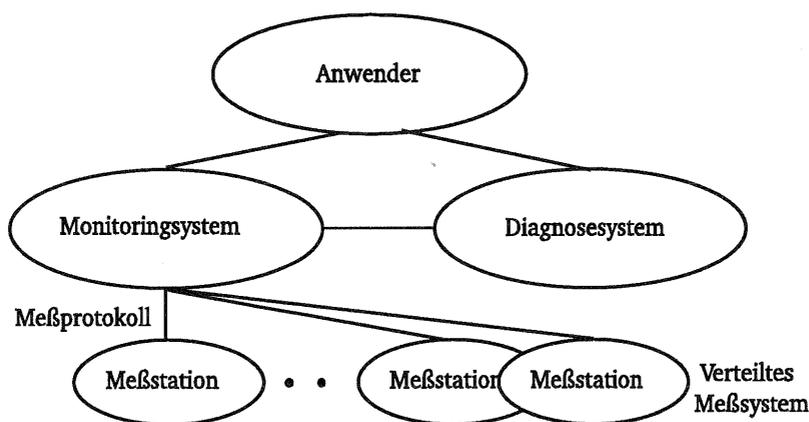


Bild 1: Verteiltes Meß- Monitoring- und Diagnosesystem

Untersuchungen haben gezeigt, daß bei Netzproblemen nach der Installationsphase [TAE90] in 60 % der Fälle die Ursachen in den Schichten 1 oder 2 zu finden sind. Hierunter fallen ein abgefallener Abschlußwiderstand, Kabelquetschungen, lose Verbindungskabel zum Rechner, sowie Broadcaststürme und falsche Schicht 2-Adressen. Auch Störungen komplexerer Ursachen, wie z.B. das Überschreiten der maximalen Segmentlänge aufgrund fortlaufender Erweiterungen eines Cheapernet-Segmentes, gehören in diese Kategorie. Diese Fehlerquellen können durch LAN-Analysatoren und Reflektionsmeßgeräte, wie sie auf dem Markt verfügbar sind, erkannt werden. Diese Geräte sind jedoch zu teuer für einen stationären Einsatz in einem Netzsegment und der Aufbau im Fehlerfall kostet wertvolle Zeit. Für einen stationären Einsatz fehlt ihnen häufig die Möglichkeit der Fernsteuerbarkeit oder die Schnittstelle ist nicht allgemein zugänglich [Glas90].

Als Alternative wurde am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung (IND) der Universität Stuttgart in Zusammenarbeit mit dem Bereich Automatisierungstechnik der Siemens AG ein preisgünstiges, modulares, verteiltes LAN-Meßsystem entwickelt. Für die flächendeckende Netzüberwachung sind viele Messungen parallel durchzuführen, die von einem zentralen Monitoringsystem koordiniert und ausgewertet werden. Bild 1 zeigt das Gesamtsystem, bestehend aus Meß-, Monitoring und Diagnosesystem für lokale Netze. Das Diagnosesystem ist ein speziell für die Fehlerlokalisierung in lokalen Netzen entwickeltes Expertensystem und ist über das Monitoringsystem in der Lage, selbständig Messungen durchzuführen. Alle drei Komponenten entstanden im Rahmen der oben erwähnten Zusammenarbeit mit der Siemens AG. Das Diagnose- und Meßsystem wurde unter der Federführung von Herrn Schröder entwickelt und bereits mehrfach veröffentlicht [Schrö91a], [Schrö91b]. Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Einsatzmöglichkeiten des Meßsystems und das Monitoringsystem.

## 2. LAN-Meßsystem

### 2.1 Allgemeines

Das verteilte LAN-Meßsystem besteht aus modular aufgebauten Meßstationen mit eigenem Netzzugang. Die Fernsteuerung dieser Stationen erfolgt über dasselbe Netz, in welchem auch gemessen wird. Da totale Netzausfälle selten vorkommen, ist dies für die Überwachung zulässig. Für den Fehlerfall sollte jedoch eine alternative Kommunikationsmöglichkeit (z.B. Wählleitung mit Modem) vorhanden sein. Ist die Verbindung zum Monitoringsystem unterbrochen, können die Meßergebnisse für eine spätere Analyse auf einer Diskette gespeichert werden.

Jede Meßstation enthält als Grundausstattung eine CPU-Karte (Basiskarte) mit dem Intel-Prozessor i80186, dem LAN-Koprozessor i82586, zwei seriellen und einer parallelen Schnittstelle. Die Basiskarte treibt einen Systembus, an den optionale Zusatzkarten (z.B. Speichererweiterung, Floppy-Karte) und weitere Meßkomponenten angeschlossen werden können (Bild 2).

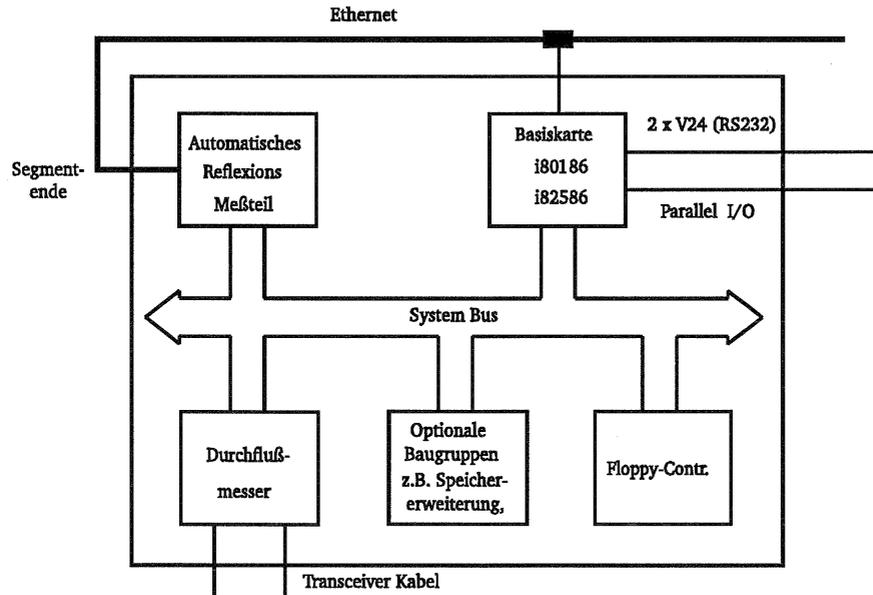


Bild 2: Blockschaftbild einer Meßstation

Die Basiskarte steuert die Meßteile und ist für die Kommunikation mit dem Monitoringsystem verantwortlich. Über ein Terminal kann jede Meßstation auch lokal bedient werden. Für die Kommunikation über das Netz wurde ein Meßprotokoll entwickelt, welches auf dem ISO-Standard 8802/2, LLC1 aufbaut [ISO11c], und auf der Basiskarte implementiert wurde. Dadurch besitzt jede Meßstation die Fähigkeit, auf einen LLC-XID-Test-Rahmen (Echotest) zu antworten, und erfüllt damit die Funktion einer Echobox. Das Grundsystem allein ist in der Lage, durch auslösen von Echotests Erreichbarkeitsmessungen durchzuführen. Zusätzlich können Pakete und Kollisionen auf dem Netz gezählt werden. Weitere Meßkomponenten sind das Reflektometer und der Durchflußmesser.

## 2.2 Reflektometer

Häufige Ursache für eine hohe Bitfehlerrate eines LANs sind zu viele oder zu starke Reflektionen auf dem Medium. Jeder Transceiveranschluß, jede enge Kabelbiegung stellt eine Störstelle dar und verursacht durch die Veränderung des Wellenwiderstandes Reflektionen. Laut Standard darf bei einer Impulsmessung die Amplitude des reflektierten Signals betragsmäßig bis zu 7 % der Amplitude des eingespeisten Signals betragen. Der Reflektionsverlauf ist eine charakteristische Funktion des Netzsegmentes, in der sich jede mechanische Veränderung des Kabels widerspiegelt. Das Reflektometer ersetzt den Abschlußwiderstand eines Netzsegmentes und mißt den Reflektionsverlauf im normalen Netzbetrieb. Die Reflektionskurve wird digitalisiert und zum Monitoringsystem übertragen, wo sie angezeigt oder mit früheren Kurven verglichen werden kann. Bild 3 zeigt das Prinzipschaltbild des Reflektometers. Störungen können auf 2,5 m genau lokalisiert werden. Die Empfindlichkeit liegt wesentlich höher als zur Erkennung von unzulässig hohen Reflektionen erforderlich ist.

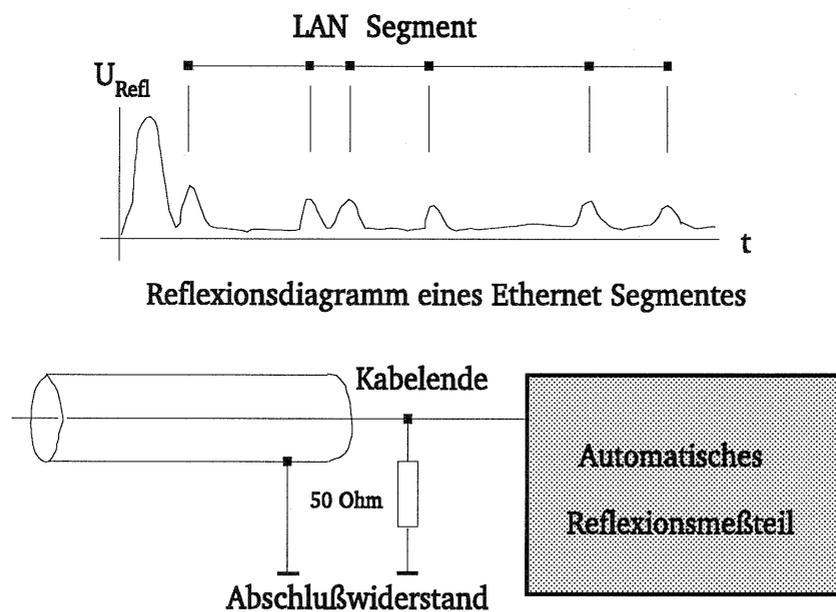


Bild 3: Prinzipschaltbild des Reflektometers

Hauptziel der Reflektionsmessungen ist, Veränderungen des Mediums zu erkennen, indem die gemessene Kurve mit früheren verglichen wird. In Langzeitmessungen können sowohl schleichende Verschlechterungen erkannt werden, als auch sporadische Störungen, falls die Meßperiode nicht größer als die Dauer der Störung ist. Eine große Bedeutung kommt hier den Meßauswertefunktionen zu. Obwohl die Abtastrate an der unteren Grenze liegt, kann der geübte Betrachter eine Reflektionskurve richtig interpretieren und echte Störstellen von "Ausreißern" unterscheiden, einfache Auswerteprogramme haben dabei jedoch Schwierigkeiten.

## 2.3 Durchflußmesser

Der Durchflußmesser wird in das Tranceiverkabel eingeschleift. Das Tranceiverkabel verbindet eine Station bzw. eine Koppereinrichtung (Repeater, Bridge, ...) mit dem Transceiver Access Point (TAP), dem Zugang zum Medium. Empfangene und gesendete Datenpakete werden dabei richtungstrennt übertragen. Kollisionen auf dem Netz werden der Station über ein separates Leitungspaar angezeigt. Zusätzlich ist die Spannungsversorgung des TAPs über das Tranceiverkabel geführt. Der Durchflußmesser mißt die Anzahl der Aktivitäten, Pakete und Kollisionen in Send- und Empfangsrichtung absolut oder als Rate. Durch eine Unterbrechung der Stromversorgung kann die Station oder das Netzsegment kurzfristig vom übrigen Netz getrennt werden.

Das vornehmliche Einsatzgebiet eines Durchflußmessers liegt im Tranceiverkabel eines Repeaters wie in Bild 4 dargestellt. Damit kann der Beitrag eines Außensegmentes zum gesamten Verkehrsaufkommen bestimmt werden. Falls Störungen auftreten, kann das Außensegment kurzfristig zur Fehlerlokalisierung abgeschaltet werden. Bei Stationen, die keine andere Möglichkeit der Auskunft über die gesendeten und empfangenen Pakete bieten, besteht ebenfalls die Möglichkeit, einen Durchflußmesser einzuschleifen. Werden in einem Netz oder Teilnetz, bestehend aus

mehreren über Repeater gekoppelten Segmenten, alle Repeater mit einem Durchflußmesser versehen, kann die Netzbelastung den Segmenten zugeordnet werden, um so Hinweise für den sinnvollen Einsatz von Bridges oder Routern zu erhalten.

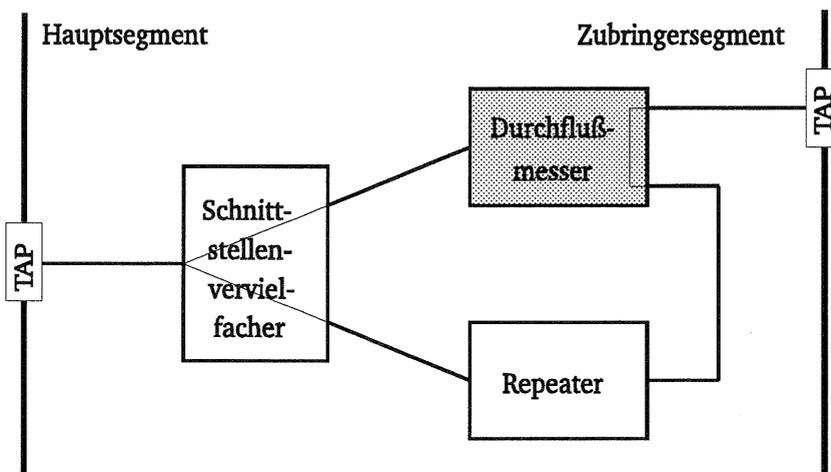


Bild 4: Durchflußmesser in einem Repeater-Anschluß

## 2.4 Echotests

Jede Meßstation ist in der Lage, durch Echotests auf der Schicht 2b die physikalische Verbindung zu anderen Stationen im selben Netzsegment zu überprüfen. In einer *Echotesttabelle* sind alle zu testenden Stationen mit ihren MAC-Adressen, dem Zeitpunkt ihrer ersten und letzten Antwort, der Anzahl der Fehlversuche und das verwendete Echotestprotokoll gespeichert. Momentan sind Echotests für die Protokolle DECnet, ISO-LLC und ein spezifisches Protokoll des Intel Network Adapters (INA960), NMF (Network Management Facility) implementiert. Stationen, die mehrere Protokolle unterstützen, sind mehrfach eingetragen.

Befindet sich in jedem Netzsegment mindestens eine Meßstation, kann jeder mögliche physikalische Verbindungspfad überprüft werden. Durch geschickt gewählte Echotests können auch ausgewählte Stationen bestimmten Bridges bekannt gemacht werden. Wiederholte Echotests zu einer Station können auch Aussagen über die Fehlerrate bzw. Rahmenverlustrate auf einem bestimmten Verbindungsabschnitt liefern.

## 2.5 Verkehrsmessungen

Versetzt man den LAN-Koprozessor in den Promiscuous-Mode, so empfängt er alle Pakete, die sich auf dem Netz befinden. Dies erlaubt die Bestimmung der Netzauslastung und der Paketrate. Kollisionen zeigen sich für einen passiven Hörer am Netz als zu kurze Pakete und können ebenfalls wie andere fehlerhafte Pakete (z.B. Alignmentfehler) gezählt werden. Einfache Filterfunktionen erlauben die Beschränkung auf Pakete von bzw. zu einer Stationsadresse oder zwischen zwei Stationsadressen. Eine effiziente Implementierung ermöglicht sogar mit dieser recht einfachen Hardware die Erstellung einer Verkehrsmatrix. Mit einer Verkehrsmatrix können z.B. die Verkehrsbeziehungen zwischen Gruppen von Stationen genau analysiert, verkehrstarke Knoten identifiziert und Broadcast-Pakete zugeordnet werden [Mog90].

Die Möglichkeiten der Verkehrsmessungen sind alles Funktionen, wie sie auch von LAN-Analysatoren angeboten werden [HP]. Die Meßstationen haben jedoch den Vorteil der Fernsteuerbarkeit und sind stationär installiert. Ihr Einsatz ist nicht nur auf Verkehrsmessungen beschränkt. Im Gegensatz zu Durchflußmessungen werden bei Verkehrsmessungen die Paketköpfe der Schicht 2a mit den entsprechenden Adressen ausgewertet, setzen also auf einer höheren Ebene auf. Unterschiede zwischen beiden Messungen deuten auf Probleme in der Medienzugangsschicht hin.

### 3. Monitoringsystem

#### 3.1 Funktionen des Monitoringsystems

Das Monitoringsystem macht das verteilte LAN-Meßsystem für den Netzadministrator (Anwender) benutzbar, ohne daß er dabei große Wege zurücklegen muß. Es nimmt Meßaufträge entgegen, kontrolliert die Durchführung der Messungen und übernimmt die Darstellung der Meßdaten unter Wahrung der Übersicht über die laufenden Messungen. Dabei ist wichtig, daß die Modularität und Erweiterbarkeit des Meßsystems nicht eingeschränkt wird. Das Meßsystem ist dabei nicht auf die vorgestellten Komponenten beschränkt. Auch andere fernsteuerbare Meßgeräte können jederzeit in das Monitoringsystem integriert werden.

Die Meßstationen sind in ihrer Verarbeitungsleistung beschränkt und können nur einfache *Basismeßaufträge* abwickeln. Der Anwender möchte jedoch mit einem Meßauftrag einen bestimmten Betriebs- oder Fehlerzustand des Netzes ermitteln. Diese Lücke wird von dem Monitoringsystem geschlossen, indem ein Meßauftrag in einzelne Basismeßaufträge zerlegt wird und die verschiedenen Ergebnisse zu einem Meßergebnis zusammengefaßt werden. Periodische Meßaufträge und Logging der Ergebnisse auf Files werden unterstützt.

Die Anwender des Monitoringsystems können in drei Klassen gegliedert werden, für die entsprechend angepaßte Benutzerschnittstellen angeboten werden müssen. Die Netzüberwachung durch den menschlichen Benutzer beinhaltet viele parallele Routinemessungen. Der Netzzustand muß mit einem Blick erfassbar sein und wird am besten in grafischer Form präsentiert. Die Bedienung muß sich einfach und intuitiv gestalten und die nebenläufige Manipulation mehrerer Messungen unterstützen. Dies führt zu einer fensterorientierten Grafikoberfläche. Wird das Monitoringsystem für die Lokalisation eines Fehlers im Netz eingesetzt, ist der Anwender ein Spezialist, dem jede Möglichkeit des Meßsystems offenstehen muß. Formulare und umfangreiche Dialoge sind in diesem Fall eher hinderlich. Die Ergebnisdarstellung darf keine Details verwischen. Hier ist eine kommandozeilenorientierte Benutzerschnittstelle sinnvoller, die sich leicht und schnell an neue Meßfunktionen anpassen läßt. Die dritte Klasse stellt die automatische Benutzung durch das Diagnosesystem dar. Ihr wird durch eine textorientierte Schnittstelle, die einfach zu generieren und zu analysieren ist, entsprochen.

In Bild 5 ist das Monitoringsystem mit den drei Benutzerklassen und den Meßstationen dargestellt. Die Anpassung an die zeilen- oder grafikorientierte Benutzeroberfläche wird durch das *User-Interface* geleistet. Es verwendet dieselbe Schnittstelle zur Meßauftragsverwaltung wie das Diagnosesystem. Die *Meßauftragsverwaltung* übermittelt zur Durchführung einer Messung Basismeßaufträge an die *Meßapplikation* einer Meßstation und empfängt von dort die Basismeßergebnisse. Der dazu erforderliche Nachrichtenaustausch ist Aufgabe des *Kommunikationssystems*, welches sich auf beiden Stationen befindet.

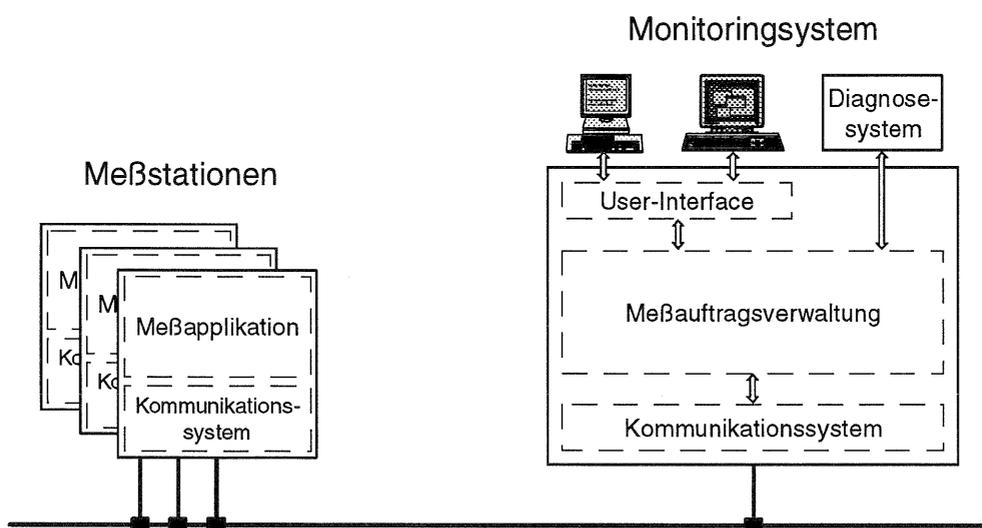


Bild 5: Monitoringsystem mit Meßstationen

Der Grund für die Entwicklung eines neuen Meßprotokolls lag in dem Ziel, so weit wie möglich OSI-konform zu bleiben. Die Prozessorleistungsfähigkeit und der Speicher einer Meßstation reichen jedoch nicht aus, ein standardisiertes



Eine neue Messung wird von der *Auftragserzeugung* generiert. Hierfür belegt diese ein freies Element in der Meßauftragsliste, erzeugt ein Shared-Memory-Element, den *Meßauftrag* und vermerkt dessen ID in dem Listenelement. Danach trägt sie die Meßparameter in den Meßauftrag ein, wobei sie sich einer Konfigurationsdatenbank bedient, um z.B. logische Namen auf Netzadressen abzubilden. Schließlich kennzeichnet sie die Messung als ablaufbereit (wartend). Die Größe des Meßauftragslements ist so bemessen, daß später auch die Meßergebnisse darin Platz finden. Meßergebnis und Auftragsparameter sind somit immer gemeinsam verfügbar. Um zu verhindern, daß sich zu viele wartende Meßprozesse im System befinden, wird ein Meßprozeß erst zu dem in der Meßauftragsliste angegebenen Zeitpunkt erzeugt. Dies erfolgt durch den *Monitoring Scheduler*, der alle Listenelemente überwacht und die Startzeitpunkte der Messungen sicherstellt. Das dabei zu startende Programm entnimmt der Monitoring Scheduler dem Listenelement. Der Meßprozeß verschafft sich über die Meßauftragsliste Zugang zu seinem Meßauftrag und liest die Meßparameter aus.

Bei der Auftragserzeugung wird auch die Ergebnisdarstellung festgelegt. Bei einfachen einmaligen Messungen wird die Ergebnisaufbereitung in der Regel nach Beendigung der Messung erzeugt. Die Ergebnisse sind dann im Meßauftrag abgelegt. Alternativ dazu kann der Prozeß bereits existieren oder nach der Messung durch den Benutzer angestoßen werden. Bei periodischen Messungen wird der Ergebnisaufbereitungsprozeß zu Beginn der Messung erzeugt, damit er bereit ist, die Zwischenergebnisse aufzunehmen. Zur Vermeidung von Synchronisationsproblemen bei der Übermittlung der Zwischenergebnisse über das Meßauftragslement, können diese auch als Meldungen in eine Message-Queue der Ergebnisaufbereitung verschickt werden. Durch die damit verbundene Pufferung gehen keine Ergebnisse verloren, und die Ergebnisaufbereitung kann in einer Schleife auf eintreffende Ergebnisse warten und sie bearbeiten. Das Ende der Messung wird dem Prozeß durch ein asynchrones Signal mitgeteilt. Die *Ergebnisaufbereitung* formt die Meßergebnisse für die gewünschte Darstellung entsprechend um und übergibt sie dem User-Interface bzw. dem Diagnosesystem.

Aus programmtechnischen und Performance-Gründen kann eine Meßstation zu einer Zeit nur einen Basismeßauftrag bearbeiten. Versucht ein Meßprozeß, einen Auftrag an eine bereits belegte Meßstation zu verschicken, tritt nach Ablauf eines Timers ein Kommunikationsfehler auf. Die Ursache dieses Fehlers ist schwer zu erkennen und kann dazu führen, daß eine bereits länger laufende Messung abgebrochen wird. Aus diesem Grund wird die Belegung einer Meßstation durch eine zentrale Instanz im Monitoringsystem geregelt. Jeder Meßprozeß muß die benötigten Meßstationen vor Beginn der Messung reservieren. Ist die Reservierung erfolgreich, kann die Messung sicher durchgeführt werden, schlägt sie fehl, wird sie gar nicht erst gestartet.

#### 4. Ausblick

Die Entwicklung der Hardware des verteilten LAN-Meßsystems erfolgte in mehreren Semester- und Diplomarbeiten am Institut und reicht bis in das Jahr 1989 zurück. Die Integration der Softwarekomponenten steht kurz vor dem Abschluß. Das Monitoringsystem befindet sich in der Implementierungsphase. Die Selbstkosten des Prototyps einer Meßstation belaufen sich in der Grundversion auf 2500 DM, ein voll ausgebautes System liegt bei etwa 6000 DM. Vom heutigen Standpunkt aus ist diese Entwicklung jedoch nicht mehr vertretbar. Statt der Basiskarte würde ein Industriepc mit Netzwerkkarte eingesetzt, und die Meßerweiterungen wären mit einem AT-Busanschluß versehen. Dies ist preisgünstiger und würde auch die Softwareentwicklung wesentlich vereinfachen.

Das verwendete Meßprotokoll hat den Nachteil, daß es keine Schicht 3 besitzt und deshalb nicht über Router hinweg verwendet werden kann. Es wäre denkbar, auf einem verbindungslosen Protokoll aus der TCP/IP-Familie (UDP) aufzusetzen und Quittungsmechanismen zu implementieren. Das Meßsystem stellt keine Konkurrenz zu übrigen Netzmanagement-Applikationen dar, sondern ist als eine Unterstützung dafür gedacht. Es ist unabhängig von den verwendeten Protokollen im Netz und liefert Informationen über die unteren Schichten.

Meß-, Monitoring- und Diagnosesysteme sowie auch das heutige Netzmanagement gleichen einem gut sortierten Werkzeugkasten. Es liegt an der Geschicklichkeit des Monteurs (Netzadministrator), diese Werkzeuge richtig einzusetzen.

## Literaturverzeichnis

- [Glas90] Glaser, Gerhard M.: (LAN)-Analysatoren und Netzwerk-Management, DATACOM Special "Netzwerk Management", DATACOM-Verlag 1990.
- [Schrö91a] Schröder, J. M.: Verteiltes Monitoring- und Diagnosesystem für Ethernet, Prozeßrechnersysteme '91, Berlin, 25. - 27. 2. 1991.
- [Schrö91b] Schröder, J. M.: Monitoring und Diagnose in lokalen Netzen, Elektronik 40. Jg (1991), Hefte 7 und 9.
- [ISOllc] ISO/IEEE, Information Processing Systems - Local Area Networks - Part 2: Logical Link Control.
- [ISOMac] ISO/IEEE, Information Processing Systems - Local Area Networks - Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.
- [TAE90] Technische Akademie Esslingen, Weiterbildungszentrum: Lehrgang "Datennetz-Diagnose", 1990.
- [Mog90] Mogul, Jeffrey C.: Efficient Use of Workstations for Passive Monitoring of Local Area Networks, Communications of the ACM 33 (9): 253-263, 1990.
- [HP] Hewlett Packard: 4972A LAN Protocol Analyser, verschiedene Manuals.

### Verfasser:

Dipl.-Ing. Schollenberger, Werner  
Universität Stuttgart, Fak. Elektrotechnik,  
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung