



## AUF DEM WEG ZU

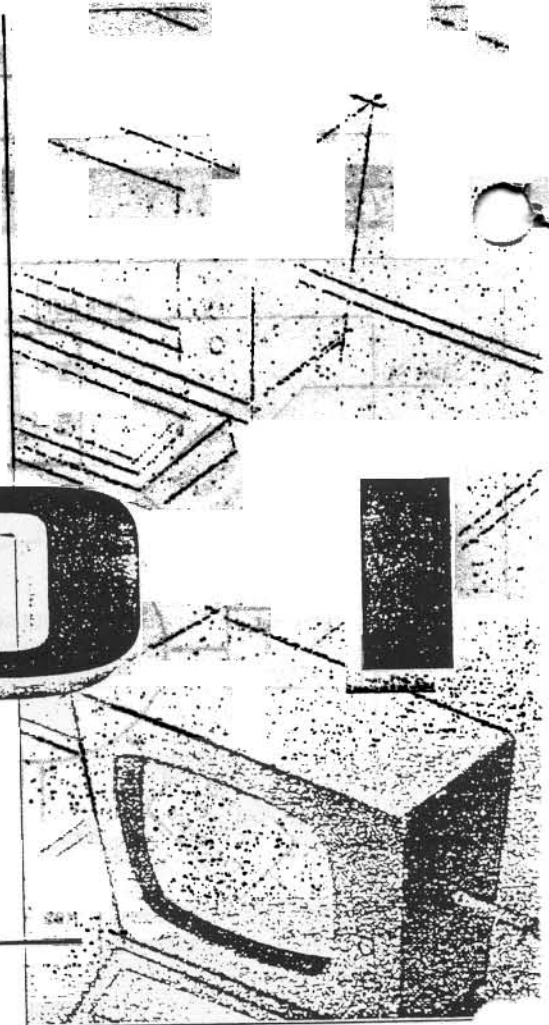
F

D

D

I

BRADFORD T. HARRISON



**FDDI dient als  
Migrationsplattform auf  
dem Weg von älteren  
Netzwerkmedien hin zu  
einer neuen Generation  
von optischen  
Hochgeschwindigkeits-Netzen,  
die die Netzwerk-Welt  
drastisch verändern  
werden.**

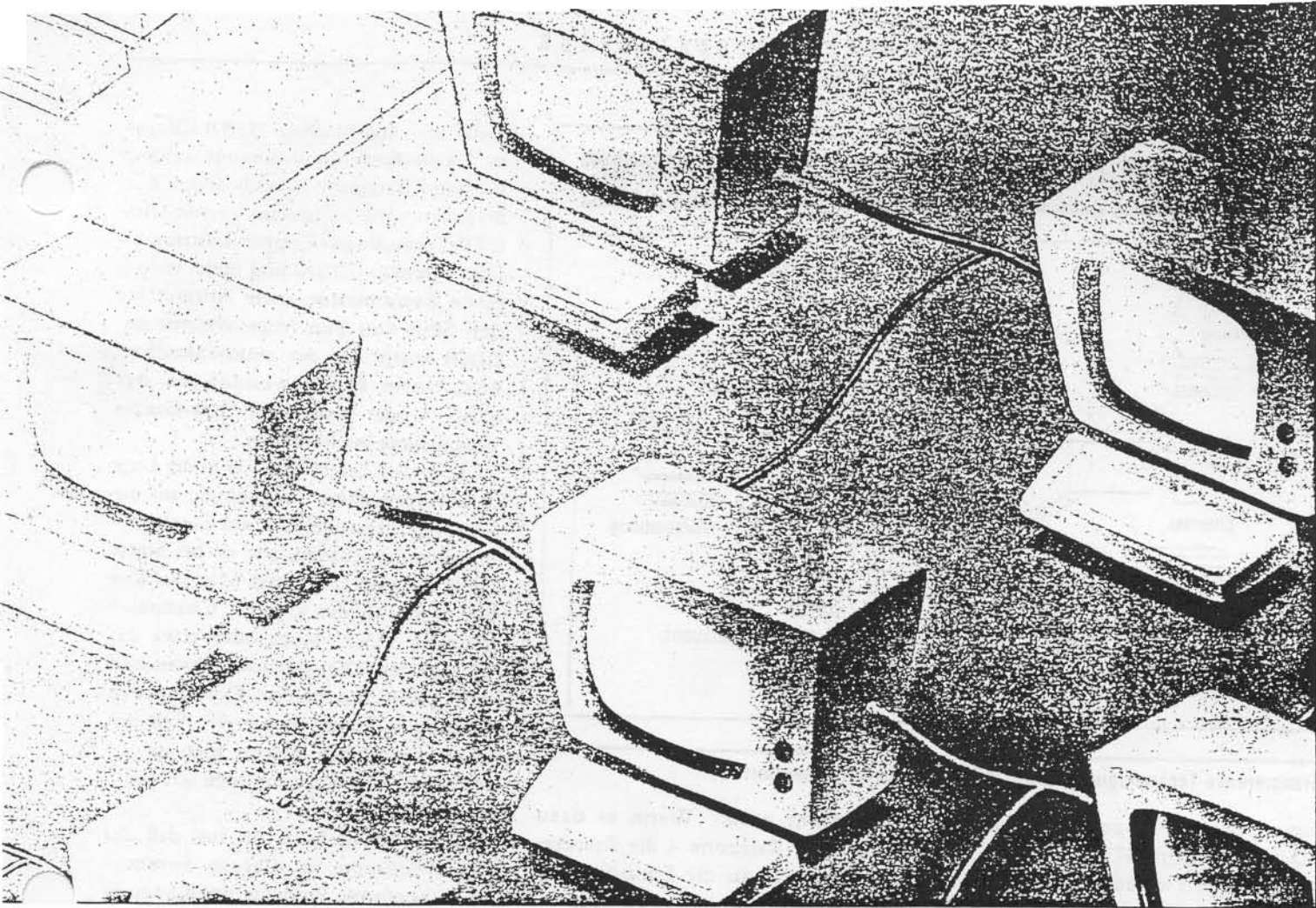
Mit der zunehmenden Verbreitung von Multimedia-Applikationen unter Windows-Oberflächen werden Hochgeschwindigkeits-LANs mehr und mehr zur Norm. Netzwerk-Manager haben dabei eine Vielzahl von Alternativen, wenn es um die Auswahl von Technologien geht, mit denen die notwendigen Durchsatzraten erreicht werden können. Dazu gehören die unterschiedlichen FDDI-Technologien ebenso wie traditionelle Ethernet- und Token-Ring-Konfigurationen.

Die physikalische und die Data-Link-Schicht des OSI-Referenzmodells - also die Schichten 1 und 2 - bieten keinen Platz für proprietäre Technologien. In diesen Schichten stehen ausschließlich drei spezifizierte Standards im Wettbewerb: Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring (IEEE 802.5) und FDDI (ANSI X3T9.5). Innerhalb des FDDI-Standards geht der Standardisierungsprozeß weiter, und neue optische Standards werden kommen. Produkte, die nicht mit wenigstens einer dieser Technologien konform

gehen, haben praktisch keine Chance.

FDDI ist der Standard der Standards. Er repräsentiert das Paradigma von der erfolgreichen Übereinkunft, Spezifikation und Implementierung. Besonders interessant wird FDDI dadurch, daß es eigentlich für den Einsatz mit optischen Glasfasern entwickelt wurde, mittlerweile aber auch zunehmende Akzeptanz bei Anwendern von Shielded und Unshielded Twisted Pair (STP und UTP) findet. So dient FDDI, zusätzlich zu seiner Rolle als bevorzugter LAN-Standard für heterogene Hochgeschwindigkeits-Netze, als Migrationsplattform auf dem Weg von älteren Netzwerkmedien hin zu einer neuen Generation von optischen Hochgeschwindigkeits-Netzen, die die Netzwerk-Welt innerhalb der nächsten Dekade drastisch verändern werden. Der wichtigste Vertreter dieser neuen Generation ist das Synchronous Optical Network (Sonet), das für Geschwindigkeiten von bis zu 2.5 Gbps spezifiziert ist.

Trotzdem wäre es voreilig, die langsameren Technologien wie Ethernet und



Token Ring schon heute totzusagen. Die meisten Anwender werden FDDI zunächst als Hochgeschwindigkeits-Backbones implementieren und es nicht einsetzen, um schnelle Verbindungen zwischen einzelnen Desktop-Systemen zu schaffen.

Einige Jahre lang haben viele Experten den Unternehmen empfohlen, bei neuen Verkabelungs-Vorhaben grundsätzlich auf Glasfaser zu setzen. Einmal verlegt, haben viele Kabel dann jahrelang neben dicken und dünnen Koaxial- und TP-Kabeln vor sich hin gedämmert und auf die weitere Entwicklung von FDDI gewartet. Doch die kam erst in den letzten beiden Jahren. Und obwohl heute immer mehr Hersteller FDDI unterstützen, so warten doch viele Anwender noch immer auf den "Break-even-Point". Das ist der Zeitpunkt, an dem der Einsatz von FDDI nicht mehr kostenintensiver als Ethernet- oder Token-Ring-Lösungen ist.

Trotzdem ziehen die Netzwerk-Manager weiter Glasfasern ein, die

Kosten für das Medium sind vernachlässigbar im Vergleich zu den Kosten für Netzwerk-Interface-Karten (NIC) und Konzentratoren. Doch weder die moderat fallenden Preise noch der Bedarf an höherem Durchsatz hat sie bisher dazu bewegen können, FDDI unternehmensweit einzusetzen.

### Kupfer und FDDI

Die Frage, ob man auf Glasfaser setzen sollte oder nicht, wird noch komplizierter durch die Tatsache, daß das ANSI X3T9.5-Komitee an Subsets des FDDI-Standards für STP und UTP arbeitet. Hierbei handelt es sich um eine wichtige Technologie, der nun auch die ihr gebührende Aufmerksamkeit zuteil wird - vor allem weil FDDI über Glasfaser nicht diejenigen Kostensenkungen mit sich bringt, die viele erwartet hatten. Tatsächlich empfehlen Unternehmen wie Cabletron Systems heute, für den Einstieg in FDDI zunächst STP zu verlegen.

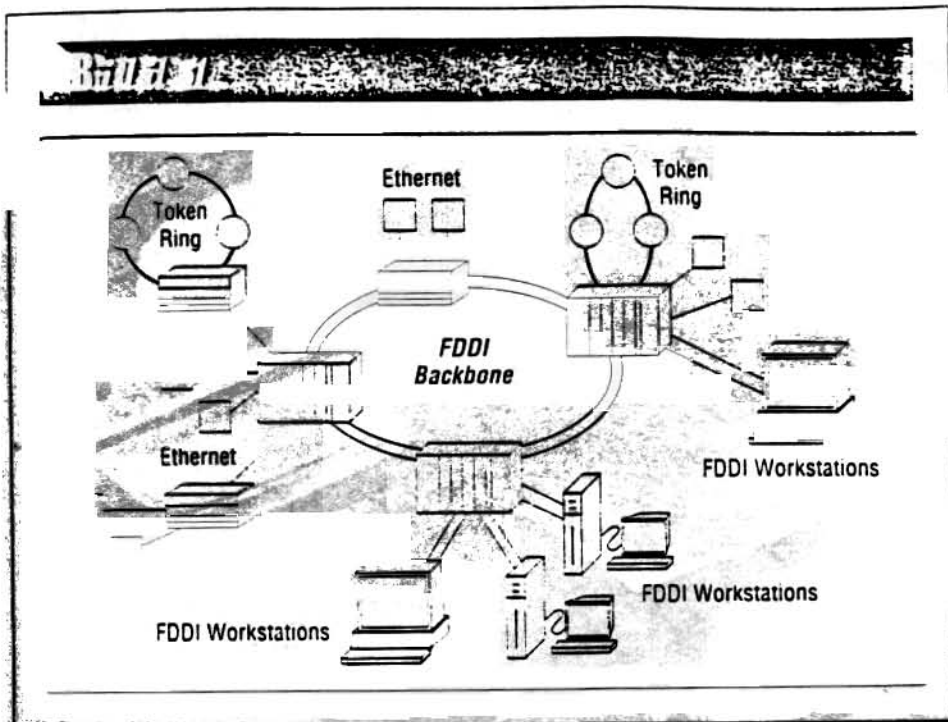
FDDI über Twisted Pair kam erstmals vor zwei Jahren ins Spiel, als Clitcom

und SynOptics Communications praktisch gleichzeitig verkündeten, daß sie 100 Mbps auf STP erreicht hätten. Beide konnten diese Behauptung auf der Interop '90 auch beweisen. Weniger als ein Jahr danach kündigte Crescendo Communications eine Implementierung von FDDI auf UTP an. Diese bemerkenswerte Technologie wurde von offizieller Seite aufgegriffen und von den Mitgliedern des Unshielded Twisted Pair Development Forums aktiv gefördert. Zu diesen Mitgliedern zählen neben Crescendo die Unternehmen AT&T Microelectronics, British Telecom, Fibronics, Hewlett-Packard und Ungermann-Bass.

Noch in diesem April wird eine Entscheidung des ANSI FDDI-Komitees über das erwartet, was heute als "Low-cost-FDDI" bezeichnet wird. Dieser Prozeß ist ein Überbleibsel der Base-T-Standardisierung, mit der sich das IEEE vor vier Jahren beschäftigt hat.

Vom ANSI wird es mindestens zwei Standards für FDDI über TP geben, die





Kupferbasierende Technologien werden in FDDI-Backbones integriert.

als Subset von X3T9.5 spezifiziert werden. Der erste betrifft STP Kategorie 5.

hochwertiges Twisted Pair wie IBMs Type 1- und Type 2-Kabel, das IBM für 16-Mbps-Token-Ring und andere Technologien mit Übertragungsraten bis zu 100 Mbps empfiehlt. Der andere Standard bezieht sich auf UTP Kategorie 3, das für kürzere Distanzen - wahrscheinlich weniger als 100 Meter - geeignet sein, aber fast alle heute installierten UTP-Kabel einschließen wird. Es wird damit gerechnet, daß die Standardisierung der Kategorie 3 erheblich länger dauern wird als die der Kategorie 5.

Doch laut Bill Redman, LAN-Experte des Marktforschungsinstituts Gartner Group in Stamford, Connecticut, sollte man auch mit der Spezifizierung einer möglichen Kategorie 4 durch das ANSI rechnen - oder eines Levels 4, wie sie mancher heute nennt.

"Bisher haben wir dazu tendiert, UTP als Voice Grade oder Data Grade, also als geeignet für Sprache oder Daten, zu klassifizieren", sagt Redman. "Doch heute gehen wir ab von dieser Terminologie.

Man kann Daten übertragen, doch Level 4, das als Data Grade bezeichnet wurde, nennen wir nun Super Twisted Pair, während der Voice Grade einfach

UTP genannt wird." Wenn es dazu kommt, wird Kategorie 4 die Features spezifizieren, die für die Einstufung als Super Twisted Pair benötigt werden, während Kategorie 3 die unterste Qualitätsstufe für FDDI über UTP definieren wird.

Mario Mazzola, Präsident und CEO von Crescendo, ist der Meinung, daß FDDI über UTP einen wichtigen und großen Markt darstellt. "Es ist genau das, worauf die Anwender gewartet haben", erklärt er. Unterstützt wird diese Meinung durch die jüngsten Zahlen von Dataquest, einem Marktforscher in San Jose, Kalifornien. Dessen Studie zeigt, daß sich der Anteil von UTP am gesamten Twisted-Pair-Markt von 34,7 Prozent im Jahr 1990 auf 52,9 Prozent im vergangenen Jahr gesteigert hat. Im gleichen Zeitraum fiel der STP-Anteil von 63,2 auf 44,2 Prozent.

Da zudem noch große Mengen von UTP für die Telefone in neuen Gebäuden verlegt werden, verfügen viele Büros bereits über die Kupfer-Infrastruktur für 100-Mbps-Netzwerke mit Desktop-Systemen.

"Der Aufwand für die neue Verkabelung macht den größten Teil der Kosten für die Implementierung von

FDDI aus", sagt Mazzola. "FDDI Kategorie 5 kann heute implementiert werden, während Kategorie 3 noch etwas Zeit brauchen wird." Crescendo nennt seine UTP-Technologie Copper Distributed Data Interface (CDDI) und bietet bereits einen Konzentrador sowie Adapter für den Sbus von Sun Microsystems an. CDDI entspricht der amerikanischen FCC-Norm für Anwendungen der Klasse A oder besser über Data-Grade-Verkabelung bis 100 Meter.

"Ich weiß bereits, daß wir in der Lage sein werden, diese Technologie auf die Kategorie 5 auszudehnen, um Geschwindigkeiten zu schaffen, wie sie bei Sonet OC-3 definiert sind", sagt Mazzola. Die Spezifikation des Optical Channel-3 definiert 155,52 Mbps oder etwa das 1,5fache der FDDI-Geschwindigkeit und wird nach Ansicht von Experten den Einstieg in Sonet markieren. "Ich bin aber zuversichtlich, daß wir auch auf 200 oder sogar 250 Mbps kommen werden", sagt Mazzola.

Cabletron geht davon aus, daß das Unternehmen in diesem Sommer ANSI-konforme Produkte der Kategorie 5 ausliefern kann. Motorola deutet an, daß nur ein Chip des eigenen ANSI-FDDI-Chipsets geändert werden müsse, um den neuen Twisted-Pair-Standards zu genügen, so daß bis zur Vorstellung entsprechender Produkte nicht viel Zeit vergehen werde. Digital, das bei der Entwicklung des DEC-FDDI-Chipsets mit Motorola zusammengearbeitet hat, unterstützt FDDI über STP bereits in seinem DECconcentrator 500. Das verwendete Übertragungsschema wurde gemeinsam mit Motorola, Advanced Micro Devices (AMD), Chipcom und SynOptics entwickelt.

Die Interoperabilität zwischen FDDI auf Glasfaser, STP und UTP wird kein Problem darstellen. Digital und seine Freunde zeigten das auf der Interop '91, als FDDI über Glasfaser und STP demonstriert wurde. Außerdem laufen derzeit einige Interoperabilitäts-Tests im Advanced Networking Test Center von AMD sowie in einem Programm unter der Führung der University of New Hampshire.

Redman betont jedoch, daß es nicht

so leicht werden wird, wie viele Hersteller behaupten. "Wir beobachten alle sehr genau, was passiert, wenn die Anbieter ihre Technologien über immer größere Entfernungen testen."

## Licht und Schatten

Für die meisten Unternehmen wird die Migration auf optische Netze zunächst den gemischten Einsatz von Glasfaser-Backbones und älteren Kupfermedien sowie Ethernet- und Token-Ring-Technologien bedeuten. Die nächsten Jahre werden Technologien bringen, die das Kupfer in Bezug auf die Übertragungsgeschwindigkeit ausreizen werden. Es wird Bridging-Technologien und Switching-Geschwindigkeiten geben, die Ethernet und Token Ring einbinden und am Leben halten. So werden diese Lower-cost-Techniken auch bei den weiter sinkenden Preisen für Glasfaser-Netze wettbewerbsfähig bleiben.

Bild 1 zeigt, wie kupferbasierende Technologien und FDDI-Backbones integriert werden. Der FDDI-Standard definiert drei "Entities", die an den

Glasfaser-Ring angeschlossen werden können:

1. Single Attachment Stations (SAS)
2. Dual Attachment Stations (DAS)
3. Konzentratoren.

Eine SAS wird nur mit dem primären Ring verbunden, um eine preisgünstige Implementierung zu erreichen. Eine DAS dagegen besitzt Verbindungen zum primären und zum sekundären (Backup-) Ring. Die Lösung ist teurer, dafür aber redundant.

FDDI-Konzentratoren besitzen DAS-Ports für die Verbindung mit dem Ring sowie DAS- und SAS-Ports für die Einbindung weiterer FDDI-Geräte, unter anderem auch für die Einbindung weiterer Konzentratoren. Bei der Kaskadierung von Konzentratoren verwendet man üblicherweise eine hierarchische Baumstruktur, wobei der am FDDI-Ring angeschlossene Konzentrador als Wurzel dient.

Konzentratoren unterstützen überdies die Anbindung an Ethernet- und Token-Ring-Netzwerke. Mit Produkten wie dem Access/One-Hub von Ungermann-

Bass wird der Konzentrador zu einem Modul, das einfach in den Hub gesteckt wird, um Ethernet- und Token-Ring-Verkehr in den Ring zu integrieren. Der Access/One-Hub erlaubt außerdem die Integration von 10Base-T-Modulen und wird so zu einem flexiblen und modularen 10Base-T-Hub. Die Integration in den FDDI-Backbone erfolgt dabei über eine Architektur, die der Kombination aus Twisted Pair und Glasfaser ähnelt, mit der SynOptics vor einigen Jahren groß wurde. Der Unterschied ist lediglich, daß es sich heute um standardbasierende Produkte in leicht erweiterbaren Konfigurationen handelt, die auch einen Upgrade auf neuere Technologien zulassen.

Auch die meisten anderen Netzwerk-Hersteller wie Advanced Computer Communications, Cabletron, Chipcom, Network Resources, Network Systems, Proteon, SynOptics und 3Com verwenden diesen modularen Ansatz. So wird der Migrationspfad von Low-speed-Kupfer über High-speed-Kupfer zur Glasfaser so preisgünstig und flexibel wie möglich.

## Der neue Multi-DOS-Server Logicraft/486 Ware

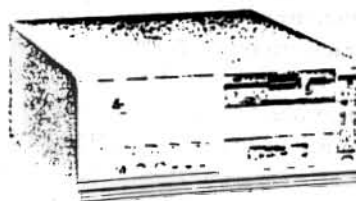


486 Ware ist ein Betriebssystem-Server für MS/DOS am ETHERNET, der es Ihnen ermöglicht, an einer VAX- oder DECstation und auf X-Terminals MS/DOS-Anwendungen mit X-11 Standard die Applikationen unter DECWindows oder OSF/Motif zu sehen und umzuleiten sowie vom DEC-Keyboard zu bedienen. Auch für VT-Terminals.

Vorteile: Sysmanagement, Datenschutz, Datensicherheit, Virenschutz.

TIME-PC, nur da, wo und wann er gebraucht wird.

## Der Single-DOS/OS2-Server Logicraft/OmniWare



OmniWare ist eine 16-Bit-PC-Karte mit Hercules- und VGA-Kompatibilität und mit ETHERNET-Anschluß für PC-At's und IBM PS/2 Modell 35 und 40, die es Ihnen ermöglicht, zu einer

VAX- oder DECstation MS/DOS und OS2-Anwendungen mit X-11 Standard umzuleiten und vom DEC-Keyboard und Mouse zu bedienen.

Necker-EDV Keltenschanze 21, 3044 Unterschleißheim  
Telefon: 0 89/3 1742 32 Telefax: 0 89/3 1733 60

Qualität!  
Kontinuität!

RacTech

Eine erstklassige Adresse für:

Vertriebs-  
partner  
digital

\* Erweiterungen \* Workstations  
\* Applikationen  
Alles aus einer Hand!

NEU!

TURBO Channel - Optionen  
für DECstations

### DECstation 5000 - 240

- 32MB, 2D, 16" Color Monitor, 8 Plane
- 426MB Disk
- 2 freie Turbo Channels DM 31.900,-

### VAXstation 4000 VLC

- 16MB, 13" Color Monitor, 8 Plane
- 120MB Disk ab DM 9.500,-

Alle Systeme inkl. Original Lizenzen,  
12 Monate Garantie, zzgl. MwSt.

INTERDECK '92  
Computer & Netzwerk  
Technik

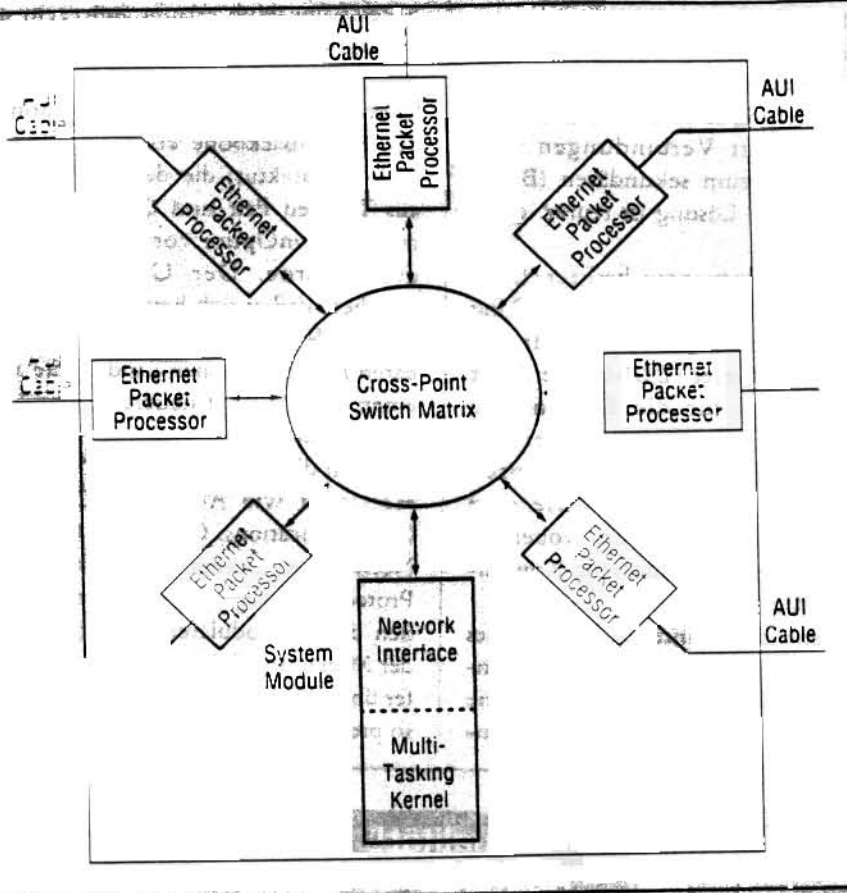


Terminalserver / Bridges / Router  
von SPIDER SYSTEMS. DATABILITY

VAX, DECstation, Systeme, DSSI, XMI, MicroVAX, VAXstation are  
trademarks of Digital Equipment Corporation



ETH 2



Echtes Routing auf dem Data Link Layer - hier am Beispiel des Etherswitch von Kalpana - wurde erst kürzlich verfügbar.

Aber auch die Hersteller von Interface-Karten (NICs) setzen bei der Implementierung von FDDI auf einen modularen Weg mit Upgrade-Möglichkeiten. So verwendet etwa Codenoll Technology, im Jahr 1982 Hersteller des ersten Glasfaser-Ethernet-Interfaces, auf seinen Adapterkarten eine Tochterboard-Architektur, die den Upgrade vor Ort ermöglicht. Einen ähnlichen Ansatz hat Raylan. Dieser Hersteller bietet Ethernet- und Token-Ring-Glasfaser-NICs an, die preislich am oberen Ende des Spektrums für 10Base-T-Ethernet-NICs angesiedelt sind. Diese Produkte ermöglichen es, Glasfaser zu implementieren und gleichzeitig die existierenden LAN-Technologien so lange weiter zu benutzen, bis der Break-even-Punkt

erreicht ist, an dem es sich rechnet, voll auf optische Medien zu setzen. Zu diesem Zeitpunkt werden dann nur noch Upgrades existierender Adapter benötigt.

### Bottlenecks erweitern

Die Übertragungsgeschwindigkeit von Gerät zu Gerät ist nicht das einzige wesentliche Element, wenn es darum geht, den Durchsatz eines LANs zu steigern. Viele kennen die Geschichte des Netzwerk-Managers, der unter dem Druck einer Vorgabe seines Vorgesetzten, die Zugriffszeiten auf einen bestimmten Server in einem bestimmten Stockwerk zu verkürzen, kurzerhand das Ethernet durch einen schnellen FDDI-Backbone ersetzt - nur um dann festzu-

stellen, daß er damit gar nichts erreicht hat. Bei genauerer Analyse stellt sich dann heraus, daß die Ethernet-Subnetze auf den einzelnen Etagen nicht vernünftig segmentiert sind und es daher zu häufig zu Kollisionen kommt.

Wenn wir annehmen, daß das Problem in den ersten beiden Schichten des Netzwerkes (Physical und Data Link) liegt, so spricht vieles dafür, daß Veränderungen in der Konfiguration und im Management der Subnetze erhebliche Verbesserungen bringen können. Das Lösungsspektrum reicht vom Einsatz neuer, kostengünstiger 10Base-T-Hubs bis hin zu neuen Bridging-, Routing- und Switching-Technologien.

Ethernet-Netzwerke über Koaxialkabel können sehr leicht in 10Base-T-Ethernets eingebunden werden, die eine klare Hub-Struktur aufweisen. 10Base-T verwendet UTP, um einzelne Knoten mit dem Hub zu verbinden, während sowohl dickes als auch dünnes Ethernet multiple Knoten über eine Busstruktur unterstützen. 10Base-T-Hubs sind hierarchisch angeordnet und führen so zu einer übersichtlichen Topologie, in der Management und Troubleshooting erheblich vereinfacht werden. Engpässe können leicht erkannt und beseitigt werden, indem man die Hierarchie um weitere Ebenen erweitert.

Mittlerweile stellen viele Anbieter 10Base-T-Hubs her, darunter Cabletron, David Systems, Gandalf Systems, Hughes LAN Systems, Network Resources, SynOptics, Ungermann-Bass und 3Com.

Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung des Durchsatzes und des Managements sind Bridging und Routing auf der Data-Link-Ebene. Bei transparentem Bridging und Routing weiß der Endknoten nichts darüber, wie der von ihm ausgesandte Frame über das Netzwerk geleitet wird. Bridges erstellen Tabellen der Knoten auf den einzelnen Seiten und blockieren oder transferieren die Frames entsprechend. Transparente Bridges können außerdem den Spanning-Tree-Algorithmus enthalten, wie er vom IEEE 802.1-Komitee spezifiziert wurde. Damit finden sie für den Frame den optimalen Weg durch das Netzwerk und verhin-





dern, daß einzelne Frames in Endlosschleifen durch das LAN wandern.

Andere Technologien, wie etwa Source Routing Transparent (SRT), unterstützen sowohl das transparente Routing als auch die Einbeziehung des Endknotens. Wird der Endknoten einbezogen, so spezifiziert er den Weg eines Frames durch das Netzwerk im Frameheader - entsprechend wird er von den Routern durch das Netz geführt. Existiert keine solche Information, so erfolgt das Routing transparent. Während IBM das Source Routing für Token Ring entwickelt und auch als erster Hersteller implementiert hat, wird dieses Verfahren jetzt vom IEEE 802-Komitee standardisiert. Firmen wie CrossComm und Netronix unterstützen dieses Verfahren.

Digital hat großen Erfolg mit seinen Ethernet-Produkten DEChub 90, DECbridge 90, DECserver 90 und DEC-repeater 90. Die Bridge-, Repeater- und Server- (Terminal-)Module werden in den Hub gesteckt und unterstützen Koaxial- und Twisted-Pair-Verbindungen. Mehrere Hubs können über coaxialkabel miteinander verbunden werden.

Echtes Routing auf der Data-Link-Schicht - d.h. Empfangen eines Frames über einen Port und Weiterleiten dieses Frames über einen von mehreren anderen Ports - ist erst kürzlich verfügbar geworden. Dieses sogenannte Packet Switching (eigentlich Frame Switching) entwickelt sich zu einer populären Technologie und wird von Firmen wie etwa Kalpana vorangetrieben.

Die Etherswitch-Architektur von Kalpana zeigt Bild 2. Ein Etherswitch besteht im wesentlichen aus drei Komponenten: dem System-Modul, den Ethernet-Packet-Prozessoren (EPP) und der Cross Point Switch Matrix. Beim Power-up erkennt das System-Modul die Lokation eines jeden Endknotens und baut in jedem EPP eine Adreß-Tabelle auf. Wenn diese einmal existieren, werden alle Frames von den EPPs automatisch über die Cross Point Switch Matrix geleitet.

Obwohl der Etherswitch lediglich

Ethernet unterstützt, können andere Netzwerktypen über eine externe Frame-Übersetzung eingebunden werden. Doch Larry Blair, Vice President of Marketing bei Kalpana, sagt: "Aus unserer Sicht ist FDDI sehr limitiert. Der Schlüssel zu mehr Durchsatz liegt unserer Meinung nach in der massiven Strukturierung durch Subnetze." Dies führt zu strukturierten Verkabelungstopologien und zum massiven Einsatz von Bridges, Switches und Routern. Kalpana sieht als wesentliche Wettbewerber vor allem FDDI selbst und die Hersteller von Routern auf dem Network Layer, etwa Cisco Systems und Wellfleet Communications.

"FDDI wird ein gehemmtes Wachstum haben", sagt Blair. "Token-Passing-Schemata sind in sich limitiert, da die Aufteilung von Netzen zu schwierig ist. Und Router sind zu teuer."

Aber Bill Clark, FDDI Product Manager bei Cabletron, teilt Kalpanas Ansichten nicht ohne weiteres. "Selbst wenn jede einzelne Workstation 10 Mbps bekommt, so reicht das nicht aus für die Multimedia-Anwendungen, die ja jetzt erst wirklich kommen", sagt er. "Dafür benötigt man die 100 Mbps von FDDI. Letztlich endet man doch immer bei der Bandbreite."

Die Entscheidung ist schwer, aber nicht unmöglich. Und selbst wenn man die falsche trifft - das Schöne an den untersten Netzwerk-Schichten ist, daß sie so weitgehend standardisiert sind. Wenn ein Netzwerk-Manager auf Standards setzt, hat er immer einen Migrationspfad. Und eigentlich ist es schier unmöglich, sich wirklich zu verzetteln, solange man ausschließlich ANSI- oder IEEE-konforme Systeme einsetzt.

## Erwähnte Firmen

Advanced Computer Communications  
Wetronic Automation GmbH (Distrib.)  
Heidemannstr. 1  
8000 München 45  
(089) 31 89 91 20  
INFO - SERVICE 102

Advanced Micro Devices GmbH  
Rosenheimerstr. 143 b  
8000 München 80  
(089) 4 11 40  
INFO - SERVICE 103

British Telecom  
BT Tymnet GmbH  
Willstädterstr. 6  
4000 Düsseldorf 6  
(0211) 59 63 14  
INFO - SERVICE 104

Cabletron Systems  
Dreieich Park  
Im Gesierth 13d  
6072 Dreieich  
(0 61 03) 3 99 00  
INFO - SERVICE 105

Chipcom Deutschland GmbH  
Streitfeldstr. 33  
8000 München 80  
(089) 4 31 98 90  
INFO - SERVICE 106

Codenoll Technology Corp.  
adcom Datensysteme GmbH (Distrib.)  
Hauptstr. 4  
8025 Unterhaching  
(089) 61 00 10  
INFO - SERVICE 107

CrossComm Corp.  
IPS GmbH (Distributor)  
Niederdorstr. 12  
6231 Schwalbach/Ts  
(06196) 5 03 00  
INFO - SERVICE 108

Fibronics Kommunikations-  
systeme GmbH  
Justus-von-Liebig-Str. 19 c  
6057 Dietzenbach  
(06074) 4 99 40  
INFO - SERVICE 109

Gandalf Data  
Jan Smith (Distrib.)  
Kabelweg 37  
NL-1014 Amsterdam  
(31/20) 6 36 76 11  
INFO - SERVICE 110

Hughes LAN Systems  
Stützelackerweg 14  
6000 Frankfurt/Main 90  
(069) 7 99 40 26  
INFO - SERVICE 111

Kalpana Inc.  
Asonic Computer Equipment  
(Distributor)  
Landsberger Str. 406  
8000 München 60  
(089) 5 30 96-0  
INFO - SERVICE 112

Motorola GmbH  
Hagenauer Straße 42  
6200 Wiesbaden  
(0611) 27 40  
INFO - SERVICE 113

Netronix  
PanDacom GmbH (Distrib.)  
Lyoner Straße 11 a  
6000 Frankfurt/Main 71  
(069) 6 64 00 60  
INFO - SERVICE 114

Network Resources Corp.  
LIS GmbH (Distrib.)  
Paul-Ehrlich-Str. 38  
6074 Rödermark  
(06074) 9 20 70  
INFO - SERVICE 115

Network Systems GmbH  
Lyoner Straße 30  
6000 Frankfurt/Main 71  
(069) 66 41 09-0  
INFO - SERVICE 116

Proteon International Euro  
Deutschland  
Danzigerstr. 2  
8057 Eching bei München  
(089) 3 19 36 19  
INFO - SERVICE 117

Ungermann-Bass GmbH  
Lyoner/Ecke Hahnstr. 77  
6000 Frankfurt/Main 71  
(069) 6 66 66 33  
INFO - SERVICE 118

3Com  
Gustav-Heinemann-Ring 123  
8000 München 83  
(089) 67 82 11 00  
INFO - SERVICE 119