

Lokale Netze im Trend

Aktuelle und künftige Techniken und Standards

Kai-Oliver Detken

Die Auswahl von Netztechniken im Bereich High-Speed Networks erscheint unübersichtlich und mannigfaltig, wenn man die IEEE-Standardisierung betrachtet. Waren vor zehn Jahren nur Ethernet und Token Ring im lokalen Umfeld einsetzbar, so sind es heute wesentlich mehr Techniken, die genutzt werden können. Dabei gilt jedoch für alle, daß man sie nicht uneingeschränkt für jede Anwendung oder jedes Szenario einsetzen kann, obwohl die Techniken immer mehr zusammenwachsen. Während aber die Verfechter ihrer eigenen Netze sich durch die Bildung von Allianzen einen größeren Marktückhalt erhoffen, um letztlich ihr Produkt erfolgreich positionieren zu können, sollte jeder, der ein Netz plant und konzipiert, andere Maßstäbe ansetzen.

Aufgrund höherer Bandbreitenanforderungen durch erhöhte Rechenleistung der Clients, neue Anwendungen und höhere Benutzerzahlen mußte sich Ethernet zwangsläufig weiterentwickeln, wenn man bestehende Nutzer nicht an andere Technologien wie beispielsweise ATM (Asynchronous Transfer Mode) verlieren wollte. Fast-Ethernet ist die direkte Nachfolgetechnik der 10-Mbit/s-Ethernet-LANs. Dabei wurde das ursprüngliche Paketformat beibehalten, um keine Änderungen an der Anwendersoftware vornehmen zu müssen. 100Base-T hielt am CSMA/CD-Zugriffsverfahren fest, wobei sich aber nur relativ kurze Entfernungen überbrücken lassen. Jedoch wurde 100Base-T von vielen Herstellern unterstützt, da ein schneller und kostengünstiger Umstieg auf höhere Datenraten gewährleistet wurde. Für die Vernetzung im Backbone-Bereich ist zusätzlich der Einsatz der Switching-Technologie notwendig. Dies hängt mit den Eigenschaften von 100Base-T zusammen, also mit den redundanten Strukturen, der Entfernungsbeschränkung (Cat-5-UTP: 100 m; Multimode: 2 km; Monomode: 20 km) und der Protokolleffizienz. Token Ring war zu diesem Zeitpunkt nur mit einer Datenrate von 4 bis 16 Mbit/s verfügbar, wurde aber aufgrund fehlender Kollisionen und besserer Performance oft im Umfeld von Banken und Versicherungen eingesetzt. Heute besitzt Token Ring trotz seiner Entwicklung zu höheren Datenraten nur noch theoretische Bedeutung, da nur noch der Hersteller Madge Produkte vertreibt und keine weiteren Standardisierungen forciert werden.

Netzentwicklung

Aufgrund der Nachteile von Fast-Ethernet und Token Ring mußten Anfang bis Mitte der neunziger Jahre an-

dere Techniken für den Backbone verwendet werden – ATM etwa oder auch FDDI (Fibre Distributed Data Interface). Während ATM aus dem Weitverkehrsumfeld kam, war FDDI eine Weiterentwicklung des damaligen Token-Ring-Standards auf eine Datenrate von 100 Mbit/s (bei Doppelringstruktur 200 Mbit/s). Die Topologie ist mit dem Token Ring vergleichbar, wobei jedoch der Unterschied in der Erzeugung eines Frei-Tokens durch die sendende Station nach Abschluß einer Sendung besteht. Zur Überbrückung von Leitungsfehlern ist ein Netz mit zwei Ringen vorgesehen, welches aus einem Primär- und einem Sekundärring besteht, die beide in entgegengesetzter Richtung laufen. Der Sekundärring wird normalerweise als Backup-Ring betrieben. FDDI wird seit 1992 nicht mehr weiter entwickelt und heute daher immer mehr durch andere Verfahren ersetzt. ATM ermöglicht hingegen den Einsatz höherer Bitraten bei gleichzeitig höherer Flexibilität und wurde aus diesem Grund auch für das zukünftige Broadband ISDN (B-ISDN) von der International Telecommunication Union (ITU) als Multiplex- und Vermittlungsprinzip ausgewählt. Nach anfänglichen Startproblemen, die sich aus der unzurei-

Das Thema in Kürze

Die eingesetzten Applikationen, Zukunftssicherheit, Skalierbarkeit, Migrationsmöglichkeiten und somit die Kosten sind für die richtige Auswahl eines lokalen Netzes entscheidend. Zudem sind Benutzerzahlen, Verlagerung der Rechenleistung in das Netz und Server-Engpässe zu berücksichtigen.

Der Artikel geht auf das Angebot heutiger High-Speed Networks ein, vergleicht sie und stellt die Vor- und Nachteile explizit heraus.

Kai-Oliver Detken ist Senior IT Consultant der Detken Consultancy & Internet Technologies sowie Dozent und freier Autor in Grasberg

chenden Standardisierung ergaben, sind bei ATM inzwischen die Basisentwicklungen abgeschlossen. ATM hat seine Bedeutung im LAN-Backbone allerdings fast völlig verloren, da Gigabit-Ethernet auf den Markt kam und einfachere sowie preisgünstigere Lösungen bot.

ATM bietet die Möglichkeit, virtuelle Pfade beliebig zu kombinieren und begünstigt flachere und damit einfach zu betreibende Netzhierarchien (weniger Multiplex-Ebenen). ATM kann außerdem für die gesamte netzorientierte Kommunikation (u.a. für Signalisierung) und für die systeminterne Kommunikation zwischen Subsystemen eingesetzt werden. Heute besitzt ATM eine große Relevanz im Bereich großer WAN-Backbones, als Zugangstechnologie im ADSL-Umfeld und bei Mobilfunknetzen der dritten Generation (UMTS), da eine garantierte Dienstgüte bereitgestellt werden kann.

Gigabit-Ethernet (GE)

Trotz der enormen Vorteile, die ATM für die bisherigen Shared-Media-Netze bot, trat Gigabit-Ethernet (GE) seit 1998 seinen Erfolgzug in den LAN-Backbones an. Die Spezifikation für Gigabit-Ethernet wurde durch die IEEE 802.3z Gigabit Task Force erarbeitet. Das Ziel dieses Standards war es, eine Vollduplex-Übertragung mit jeweils 1000 Mbit/s zu ermöglichen und dabei dieselben Datenpakete wie 10Base-T und 100Base-T zu verwenden. Die Empfehlungen für Media Access Controller (MAC), Repeater und Physical Layer lagen relativ schnell vor. Komplexere Themen wie Repeater-Architektur, Multimode/Monomode-Übertragung sowie Codierungsverfahren für Kupferleitungsübertragung wurden teilweise noch bis 1999 diskutiert.

Um die Standardisierung schneller voranzutreiben, baut die physikalische Schnittstelle von GE auf dem Fibre-Channel-Standard auf. Die Fibre-Channel-Variante ist unter 802.3z, die Twisted-Pair-Verkabelung unter 802.3ab standardisiert. Insgesamt können vier Übertragungsmedien für Gigabit-Ethernet eingesetzt werden,

die unterschiedliche Entfernungen überbrücken:

- Singlemode-Glasfaser bis 5000 m;
- Multimode-Glasfaser mit unterschiedlichen Kerndurchmessern und Transceivern zwischen 220 m und 550 m;
- Twinax-Kabel bis 25 m;
- Twisted-Pair UTP/STP bis 100 m.

GE behält sowohl das Zugriffsverfahren CSMA/CD als auch das Rahmenformat mit minimaler und maximaler Länge bei. Um die Interoperabilität mit bestehenden 802.3-Netzen zu ge-

nung eines Netzes und somit den Einsatz im MAN und WAN (Bild 1). Bei den vorgegebenen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen werden die Funktionen Carrier Sense, Collision Detect und Loop-Back unterdrückt. Die Einschränkungen von Spanning Tree, das zwar eine redundante Netzgestaltung unterstützt, aber parallele Pfade unterbindet, hebt die Link Aggregation (802.3ad) auf. Damit läßt sich die Bandbreite durch mehrere parallele Wege erhöhen und mit Hilfe von Load Balancing verwalten.

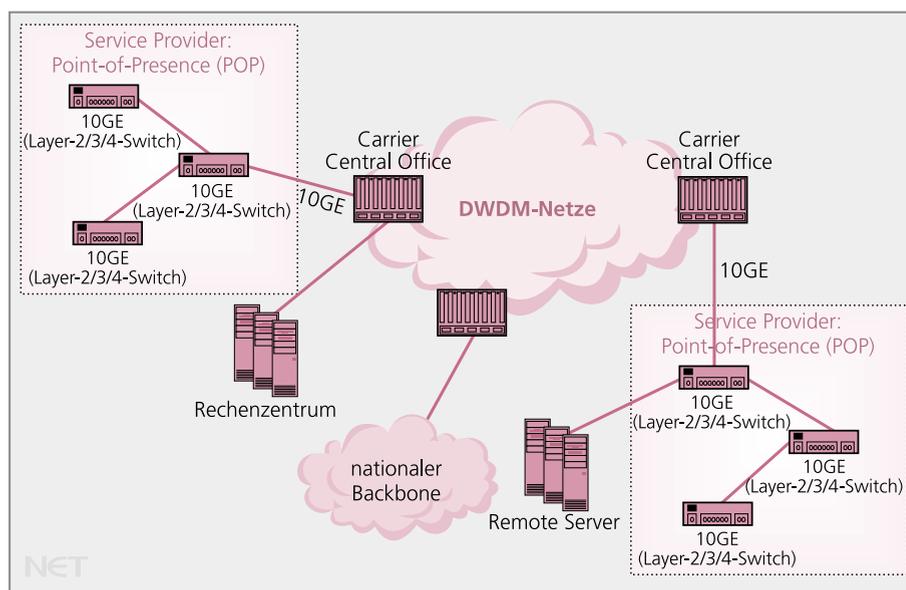


Bild 1: Einsatz eines Gigabit-Ethernet-Backbones im Wide Area Network

währleisten, wurde das Verfahren Carrier Extension (CE) eingeführt. An Rahmen mit weniger als 512 Byte werden Extension Symbols angefügt, bis die minimale Größe von 512 Byte erreicht wird. Weil das Verfahren ineffizient arbeitet und Bandbreite verschwendet, entstand mit Packet Bursting eine Alternative. Bei dieser Technik wird nur der erste Rahmen gemäß CE aufgefüllt, alle weiteren mit dem kleinstmöglichen Abstand (Inter Packet Gap) angefügt. Packet Bursting ist auf die Übertragung von maximal 8 kByte limitiert. Beide Verfahren sind jedoch nur für den Halbduplex-Betrieb relevant. Für den wesentlich wichtigeren Vollduplex-Betrieb ist keines der beiden Verfahren erforderlich, weil dann keine Kollisionen mehr erkannt werden müssen.

GE im Vollduplex-Modus ermöglicht die geografisch unbegrenzte Ausdeh-

Fibre Channel (FC)

Fibre Channel (FC) ist eine Übertragungstechnik, die ursprünglich für Hochgeschwindigkeitsverbindungen zwischen Computersystemen (Workstations, Mainframes, Supercomputer, Desktop-Computer) und deren Peripherieeinheiten (Festplatten, Bildschirme) entwickelt wurde und aus dem High Performance Parallel Interface (HIPPI) hervorging.

Inzwischen sind Vermittlungssysteme für Fibre Channel Interfaces verfügbar, wodurch man FC auch im Netzbereich einsetzen kann. Da die FC-Architektur ausschließlich durch Hardware realisiert wird, werden sehr kurze Verzögerungen und Übertragungszeiten erreicht. Dabei werden Datenübertragungsraten von 133 Mbit/s, 266 Mbit/s, 531 Mbit/s, 1 Gbit/s bis 2 Gbit/s (Dual-Channel) über Swit-

ched Network (FC-Fabric) oder Bus (FC-Arbitrated-Loop) erreicht. Zukünftig soll auch ein Durchsatz von 10 Gbit/s möglich sein. Hinter der hohen FC-Leistungsfähigkeit steht eine Kombination von Mehrkanal- und Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Ähnlich wie beim Switching wird zwischen den Geräten eine direkte Verbindung hergestellt, so daß jeder dieser Verbindungen die volle Bandbreite zur Verfügung steht. FC-Fabric ist somit ein geschaltetes lokales Netz, in dem alle Verbindungen mit der gesamten Bandbreite ausgestattet werden. FC-Arbitrated-Loop ist hingegen ein serieller Bus in Ringstruktur, der zum Anschluß von Peripheriegeräten eingesetzt werden kann. Die Kopplung mit einer FC-Fabric (Switch) ist möglich (Bild 2).

Mit FC lassen sich eigene LANs oder sogenannte Storage Area Networks (SAN) für Backup-Systeme aufbauen. Obwohl SAN auf Basis von FC eine sehr junge Technik ist, hat der Markt bereits breite Unterstützung signalisiert: Alle namhaften Hersteller von Enterprise-Storage engagieren sich in der Fibre Alliance und Storage Networking Industry Association (SNIA), die an einer einheitlichen Management Information Base (MIB) und einheitlichen Discovery-Mechanismen arbeiten.

Beide Techniken bilden die Grundlage für umfassendes Management der Geräte im SAN. Die MIB eines Switches speichert beispielsweise Konfigurationsparameter, während die Discovery-Agents Geräte aufspüren, die im laufenden Betrieb angeschlossen wurden.

Als technischer Standard für dedizierte Speichernetze hat sich FC bereits durchgesetzt. Obwohl sich auch reine Speichernetze auf Basis von Ethernet-Techniken aufsetzen lassen, verfolgen diesen Ansatz nur wenige Hersteller, vor allem diejenigen, die sich auf NAS-Lösungen (Network Attached Storage) spezialisiert haben.

Gegenüber den offenen Management-Standards sind die Definitionen um die physikalische Schnittstelle FC seit längerer Zeit festgelegt. Ein Grund dafür ist das Interesse anderer Industrien an der Technik, deren Fo-

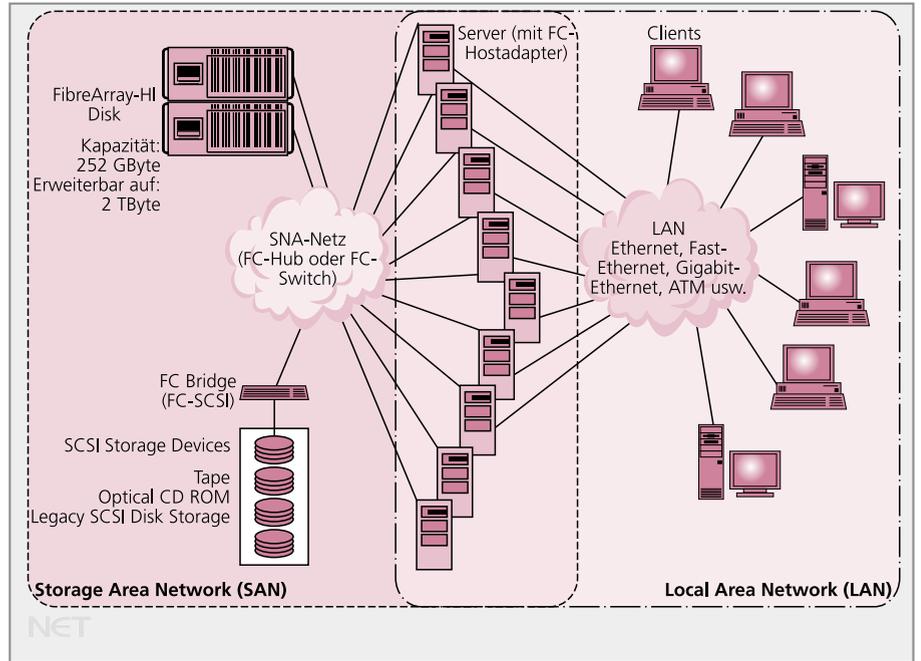


Bild 2: Backup-Lösung mit Einbindung von IBM-SNA (Systems Network Architecture) sowie LAN

kus nicht auf Speichernetzen liegt. Auch die Entwicklungsgremien haben sich konsolidiert. Im Herbst 1999 schlossen sich die Fibre Channel Association (FCA) und die Fibre Channel Community (FCC) zur Fibre Channel Industry Association (FCIA) zusammen.

Erweiterung auf 10 Gbit/s

Aufgrund der schlechten Skalierbarkeit von GE und der Erweiterung hin zum WAN wurde die Higher Speed Study Group (HSSG) ins Leben gerufen, die 10-Gbit/s-Ethernet entwickeln soll. Die HSSG definierte dabei folgende Mindestanforderungen für 10GE:

- Ethernet-Rahmenformat;
- Vollduplex-Betrieb;
- Topologie: Stern mit Punkt-zu-Punkt-Verbindungen;
- Standard 802.3ad (Link Aggregation) für Anwendungen mit Lastausgleich (Load Balancing);
- zwei physikalische Schichten (PHY): LAN-PHY mit einer Datenrate von 10 Gbit/s und WAN-PHY mit 9,95 Gbit/s;
- Übersetzungsmechanismus für unterschiedliche LAN- und WAN-Datenraten;
- Entfernungen über Glasfaser: mindestens 65 m mit herkömmlichen

MMF, 300 m mit neuen MMF sowie 2, 10 oder 40 km mit neuen SMF.

Unstrittig ist, daß 10GE im lokalen Netz erfolgreich sein wird. Das liegt zum einen an der bereits installierten Basis und zum anderen an den relativ geringen Portkosten. Etwas anders sieht es im MAN und WAN aus. Dort spielt ATM eine wichtige Rolle, da hier zusätzliche Funktionen benötigt werden wie etwa Quality of Service (QoS). Allerdings stellt auch Ethernet inzwischen eine Priorisierung des Datenverkehrs bereit, die bei hoher Bandbreite als ausreichend gilt. Aus diesem Grund kommt es im MAN und WAN zu einer ähnlichen Konkurrenzsituation wie in den letzten Jahren im LAN. ATM setzt auf SDH auf. Das kann 10GE auch; allerdings beträgt dann die Nutzdatenrate 9,58464 Mbit/s. Einige Carrier spielen jedoch bereits mit dem Gedanken, neue Netze nicht mehr auf Grundlage von SDH aufzubauen, sondern dazu gleich die LAN-Version von 10GE zu verwenden. Dennoch machen spezifizierte Ethernet-SDH-Anschlüsse Sinn, weil man eine bestehende SDH-Architektur weiterverwenden kann. Anders sieht es bei sprachorientierten Diensten aus. Bei den Telekommunikationsfirmen dominiert immer noch eine verbindungsorientierte Sichtweise. Sie geht davon aus, daß zwischen zwei

Teilnehmern explizit eine Verbindung aufgebaut wird, für die eine exakt definierte Dienstgüte gilt, sprich Erreichbarkeit und Sprachqualität. Eine wichtige Rolle spielen zudem die Abrechnungsverfahren und Tarife. Daher besitzt ATM derzeit noch die besseren Karten gegenüber Ethernet.

Ausblick

Stark angewachsen sind die IEEE-Arbeitsgruppen, die sich mit Funkübertragung beschäftigen: 802.11 (WLAN), 802.15 (WPAN) und 802.16 (BWA). Das wachsende Interesse der Netzfirmer an Wireless-Techniken ist darauf zurückzuführen, daß die Nachfrage nach solchen Lösungen steigt. Anwender geben ihre Vorbehalte gegenüber Funknetzen auf, und die Funktechniken haben ihre Anfangsprobleme überstanden.

Standardisiert sind zudem Übertragungsraten von bis zu 11 Mbit/s. Inzwischen sind Standards für noch höhere Geschwindigkeiten in Arbeit. IEEE 802.11g soll u.a. mehr als 20 Mbit/s zur Verfügung stellen. Die Arbeitsgruppe 802.16 (Wireless MAN) entwickelt funkgestützte Zugangstechniken, die größere Distanzen überbrücken. Mit einfacheren und preiswerteren Lösungen für Kurzstrecken-Netze beschäftigt sich die Working Group 802.15, u.a. mit Bluetooth mit 200 kbit/s.

Ein weiteres Projekt im Bereich Ethernet ist IEEE 802.3 Ethernet in the First Mile (EFM). Ursprünglich war vorgesehen, für EFM die bestehenden Kupferleitungen in Büros und Haushalten zu verwenden, also Telefonleitungen und TV-Kabel. Die neueren Ansätze gehen aber darüber hinaus: Fiber to the Home (FTTH). Bei der Übertragung über Kupferleitungen sind zwei Alternativen vorhanden: 100Base-CU und Ethernet over Very High Speed Digital Subscriber Line (EoVDSL). 100Base-CU verwendet ein HDLC-Modem (High-Level Data Link Control) und unterstützt eine Datenrate von bis zu 100 Mbit/s. Die Übertragung erfolgt ausschließlich im Halbduplex-Betrieb. Upstream- und Downstream-Transfers werden feste Zeitschlitze zugeordnet, so daß es zu keinen Kollisionen

kommt. EoVDSL dagegen verpackt Ethernet in VDSL-Frames. Die Very-High-Speed-DSL-Technik unterstützt im Downstream-Betrieb, also beim Herunterladen von Daten, eine maximale Rate von 52 Mbit/s, in der Gegenrichtung 2,3 Mbit/s.

Speziell in Europa kristallisiert sich ein weiteres Einsatzfeld für Ethernet heraus, nämlich Fertigungsumgebungen. Auch dort besteht Bedarf an einer einfachen, einheitlichen und zuverlässigen Methode für die Datenübertragung. Zur Zeit gibt es eine Vielzahl von teilweise proprietären Feldbussen. Alle diese Protokolle haben aber das Problem, daß sie beim Anwachsen des Bandbreitenbedarfs mittels TCP/IP nicht mehr mithalten können, wie er etwa beim Management über das Web oder Voice over IP (VoIP) notwendig wird. Zusätzlich sind viele proprietäre Feldbusse im Einsatz. Für Anwender in der Industrie sind allerdings vor allem die Punkte Zuverlässigkeit, Redundanz, Ausfall- und Zugriffssicherheit und QoS wichtig.

Hier weist Ethernet einige Defizite auf und muß noch entsprechend ergänzt werden. Erste Produkte sind aber bereits verfügbar. Mehrere Organisationen, wie etwa die Industrial Automation Open Networking Alliance (IAONA), bemühen sich um Standards für Industrial Ethernet.

Generell läßt sich sagen, daß durch die Entwicklungen in der Netztechnik in den letzten Jahren hin zu Ethernet und zur drahtlosen Kommunikation die Bedeutung des Standardisierungsgremiums IEEE 802 deutlich gestiegen ist.

Man könnte also zu dem Schluß kommen, daß Ethernet die Technologie ist, auf die alle Techniken migrieren. Bereits heute wird über eine Erweiterung von 10-Gigabit-Ethernet, was noch gar nicht standardisiert vorliegt, offen diskutiert: Die Mehrheit der IEEE-802ae-Gruppe favorisiert 40-Gigabit-Ethernet, eine Minderheit 100 Gbit/s und nur ein verschwindend geringer Teil 160 Gbit/s. Trotzdem bleibt festzuhalten, daß Ethernet noch Standardisierungsmängel aufweist und im Grunde nichts mehr mit dem Ur-Ethernet gemein hat – außer dem Rahmenformat. (we)