Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 9

Artikel: Breitbandkommunikation mit Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Autor: Plattner, Bernhard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902680

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Nach mehr als zwanzig Jahren der Konzeption, Standardisierung, Entwicklung und Einführung kann man seit 1992 auch in der Schweiz über das ISDN-Netz Swissnet 2 vollständig digital telefonieren. Und die technologische Entwicklung treibt auch die Entwicklung der Telecom weiter. In welche Richtung soll es gehen? Vertreter der Industrie, Telecom-Anbieter und viele Exponenten aus der universitären Forschung sind der Meinung, dass mit Asynchronous Transfer Mode (ATM) jene Technik gefunden ist, welche die zukünftigen Bedürfnisse der Telefonie und der Informatik gleichermassen zufriedenzustellen vermag. In diesem Beitrag gibt der Autor einen Einblick in das Grundkonzept und den Normungsstand von ATM sowie einen Ausblick auf die mögliche Entwicklung der Breitbandkommunikation.

Breitbandkommunikation mit Asynchronous Transfer Mode (ATM)

■ Bernhard Plattner

1992 wurde das dienstintegrierende digitale Netz (Integrated Services Digital Network, ISDN) in der Schweiz unter der Bezeichnung Swissnet 2 offiziell in Betrieb genommen. Nach mehr als zwanzig Jahren der Konzeption, Standardisierung, Entwicklung und Einführung kann nun vollständig digital telefoniert werden; damit stehen dem Swissnet-Abonnenten neue Funktionen zur Verfügung, die in anderen Ländern – teilweise auch ohne digitale Signalisierung – schon seit geraumer Zeit angeboten werden. Zudem können die beiden B-Kanäle mit einer Übertragungsrate von je 64 kBit/s für andere Anwendungen als den Sprachdienst genutzt werden, sei dies für die Übermittlung von Telefax-Mitteilungen oder für Verbindungen zwischen Rechnern. Warum diskutieren wir denn eine neue Technologie – Asynchronous Transfer Mode (ATM) – die dereinst das ISDN von heute ersetzen bzw. ergänzen soll?

Im Zuge der schnellen Entwicklung im Bereich der Informationstechnik ist es geradezu üblich geworden, dass ein Produkt im Moment, in welchem es im Markt eingeführt wird, auch schon veraltet ist. ISDN stellt da keine Ausnahme dar, insbesondere weil seit seiner Konzeption zu Beginn der siebziger Jahre eine besonders intensive Phase in der Entwicklung der Mikroelektronik und optischen Übertragungstechnik stattgefunden hat. Man rufe sich in Erinnerung, dass das ISDN konzipiert wurde, als der erste Mikroprozessor (Intel 4004) gerade eben das Labor verliess! Die Welt der EDV war damals eine Welt von Grossrechnern (Mainframes), die über Standleitungen mit Vorrechnern (Front-Ends) verbunden waren, an welche jeweils eine Anzahl von Datensichtgeräten oder Ein- und Ausgabegeräten für die Stapelverarbeitung angeschlossen waren. An der ETH Zürich beispielsweise war damals der interaktive Rechenbetrieb noch nicht möglich. Im Gegensatz dazu ist die Welt der Informatik, wie die EDV heute heisst, eine Welt der Personal Computer, Notebooks, Workstations und Server, die über Lokale Netze (LAN) und geeignete Wide Area Networks (WAN) global miteinander verbunden sind. Moderne Rechner verarbeiten nicht nur numerische oder textuelle Daten, sondern sind durchaus

> Der Ansatz von ATM besteht darin, alle nicht unbedingt benötigten Funktionen aus dem Teil des Netzes, in welchem die Vermittlung stattfindet, zu entfernen.

Adresse des Autors
Prof. Dr. *Bernhard Plattner*, Institut für Technische Informatik und Kommunikationsnetze, ETH Zürich.

Funktion	X.25	Frame Relay	LAN	ATM/Cell Relaying
Variabel lange Frames	●	●	●	-
Fehlerdetektion auf Frames	●	●	●	-
Fehlerdetektion auf Header	impliziert	impliziert	impliziert	●
Fehlerkorrektur	●	-	nur LLC2	-
Verbindung	●	●	nur LLC2	●
Flusssteuerung	● (Link und VC)	-	nur LLC2	-
Überlastschutz für das Netz	●	●	-	extern
Leitweglenkung (Routing)	impliziert	●	n/a	●

Bild 1 Vergleich der Funktionen verschiedener Netzwerkkonzepte

in der Lage, mit Sprache und (in naher Zukunft) auch gut mit Bewegtbildern umzugehen. Die daraus entstehenden Anforderungen an Netze bezüglich Übertragungsrate und deren Variabilität übersteigen bei weitem die Fähigkeiten des ISDN, welches mit seinen leitungsvermittelten Kanälen von 64 kBit/s zu sehr auf die Bedürfnisse der Telefonie ausgerichtet ist[1]. Gesucht ist ein Breitband-ISDN (B-ISDN), welches sowohl die Bedürfnisse der Telefonie als auch diejenigen der Informatik unterstützt, wobei die neuen Entwicklungen im Bereich der Multimedia-Anwendungen berücksichtigt werden müssen.

ATM – eine mögliche Technologie für das B-ISDN

Die Industrie, Telecom-Anbieter und auch viele Exponenten aus der universitären Forschung sind der Meinung, dass mit ATM eine Technik gefunden ist, welche den neuen Anforderungen genügen kann[2]. Die Standardisierung von ATM wurde nach Vorarbeiten in Forschungslaboratorien in der zweiten Hälfte der 80er Jahre vom CCITT begonnen [1; 2]. Dieser Prozess ist heute noch nicht abgeschlossen, aber soweit fortgeschritten, dass gegenwärtig die ersten ATM-basierten Produkte auf dem Markt erscheinen.

Der Ansatz von ATM besteht darin, alle nicht unbedingt notwendigen Funktionen aus dem Teil des Netzes, in dem die Vermittlungsfunktion stattfindet, zu entfernen und in periphere Einheiten (Endsysteme, Steuer- und Überwachungssysteme) zu verlagern. Damit kann die Vermittlungsfunktion vollständig in Hardware implementiert werden. Vermittelt wird auf der Basis von kurzen Paketen jeweils gleicher Länge, Zellen genannt. Durch die Hardwareimplementation kann die geforderte Rate der vermittelten Zellen (etwa 360 000 Zellen/s bei einem Kanal mit einer Übertragungsrate von 155 MBit/s) erreicht werden. ATM verwendet also – im Unterschied zum ISDN – die Technik der Paketvermittlung. Das Bild 1 zeigt die bei verschiedenen Netzwerkkonzepten im Netz implementierten Funktionen. Während X.25 alle aufgeführten Funktionen unterstützt, beschränkt sich ATM auf einen minimalen Satz.

Das künftige B-ISDN soll unter anderem zwei wichtige Klassen von Anwendungen unterstützen:

1. Anwendungen mit Kommunikationsbedürfnissen, die durch dynamisch, das heisst nach dem aktuellen Bedarf, errichtete Kommunikationskanäle zwischen zwei oder mehreren an das Netz angeschlossenen Endsystemen erfüllt werden können. Die konkreten Bedürfnisse der Anwendung, zum Beispiel bezüglich Durchsatz und zulässiger Verzögerung (inkl. untere und obere Grenze, Varianz), werden für die Erstellung des Kommunikationskanals dem Netz mitgeteilt. Dieses alloziert die notwendigen Betriebsmittel und erstellt eine virtuelle Verbindung (in ATM-Terminologie ein Virtual Channel, VC) zwischen den Endsystemen, welche den mitgeteilten Anforderungen genügt; falls die Kapazität des Netzes dafür nicht ausreicht, kommt die Verbindung nicht zustande. Während der Dauer der Verbindung überprüft das Netz, ob die bei der Erstellung spezifizierten Parameter durch die Endsysteme eingehalten werden.

Die Notwendigkeit für die Allokation von Betriebsmitteln und die Überwachung des von den Endsystemen generierten Verkehrs implizieren einen verbindungsorientierten Ansatz. ATM ist demnach – wie X.25, aber im Gegensatz zum Internet Protocol (IP) – verbindungsorientiert.

2. Eine zweite Klasse von Anwendungen ist dadurch charakterisiert, dass während länge-

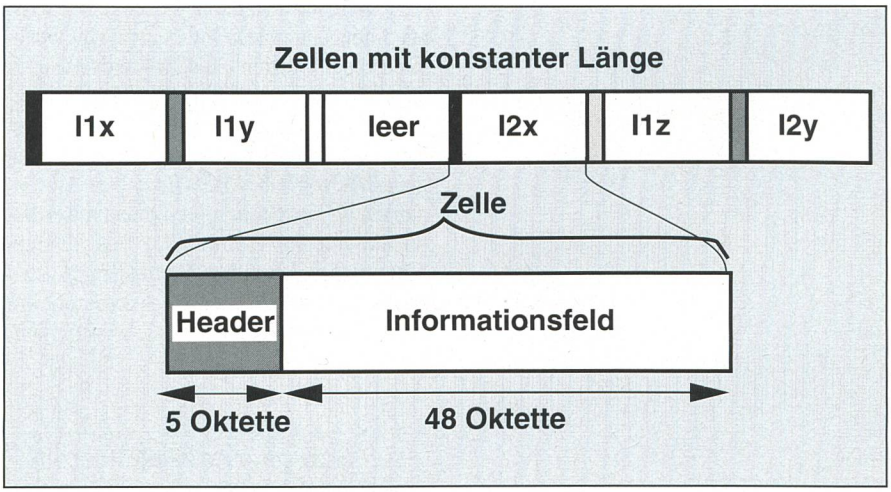

Bild 2 Prinzip des ATM-Zeitmultiplex

l1x, l2x zur Verbindung *x* gehörige Zellen
l1y, l2y zur Verbindung *y* gehörige Zellen

[1] Daraus darf nicht geschlossen werden, dass ISDN für den Anschluss von Rechnern nicht geeignet sei. Vielmehr gibt es einige Nischenanwendungen, zum Beispiel der Zugang von entfernten Standorten zu Rechnernetzen oder zentralen Einrichtungen, die zeitweilige Verbindung von Lokalen Netzen sowie die Archivierung verteilt gehaltener Daten in einer zentralen Einrichtung, um nur einige zu nennen, für die das ISDN geradezu ideal ist.

[2] Der Autor ist auch dieser Meinung, jedoch nicht ohne Einschränkung (s. auch Abschnitt «Ausblick»).

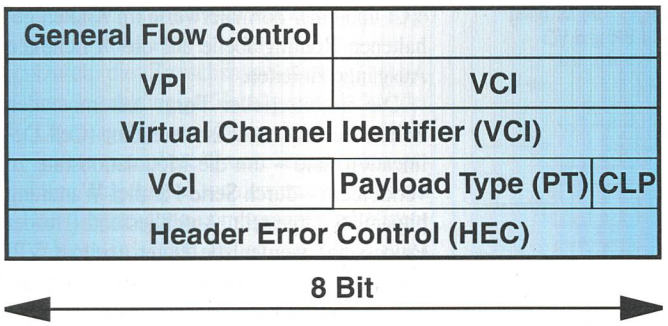

Bild 3 Format der Steuerinformation in einer Zelle an der Benutzer-Netz-Schnittstelle

CLP Cell Loss Priority

rer Zeit ein Kommunikationskanal zu Verfügung stehen muss, beispielsweise für eine Verbindung zwischen zwei Lokalen Netzen oder zwei Teilnehmervermittlungsanlagen (TVA). ATM kann dies durch semipermanent (durch einen Operator) errichtete Kanäle, sogenannte virtuelle Pfade (Virtual Path, VP) unterstützen. Ein VP kann als ein flexibles Äquivalent für die heute verwendeten Standleitungen betrachtet werden, wobei die Nutzdaten in ATM-Zellen übertragen werden. Auch einem virtuellen Pfad liegt eine Absprache zwischen dem Teilnehmer und dem Netzbetreiber über dessen Eigenschaften zugrunde.

ATM erlaubt überdies die (dynamische) Erstellung von virtuellen Verbindungen (VC) innerhalb eines VP; beispielsweise könnte ein Telefongespräch zwischen zwei Teilnehmern, die an zwei über einen VP verbundene TVA angeschlossen sind, über eine solche virtuelle Verbindung geführt werden.

Asynchronous Transfer Mode (ATM)

ATM-Zellen haben eine Länge von 53 Oktetten (8-Bit-Bytes), aufgeteilt in einen Kopf (Header) von 5 und einen Rumpf (sog. Payload) von 48 Oktetten. Die Zellengrösse ist somit im Vergleich mit den heutigen in der Datenkommunikation verwendeten Paketlängen sehr klein, stellt aber einen Kompromiss zwischen den Bedürfnissen der Sprachübertragung (kurze Zellen bringen kurze Paketisierungsverzögerungen und ermöglichen einfachere Methoden zur Unterdrückung von Echos) und der Datenkommunikation dar.

Jede Zelle gehört einer virtuellen Verbindung an; auf eine Übertragungsleitung werden jeweils Zellen verschiedener Verbindungen bzw. Pfade multiplexiert. Das Bild 2 illustriert das Prinzip des ATM-Zeitmultiplex und den Aufbau von ATM-Zellen.

In Bild 3 ist das Format des ATM-Zellenkopfs an der Benutzer-Netz-Schnittstelle grafisch dargestellt. Die fünf Oktette enthalten unter anderem Felder für die Identifikation des VC (VCI, Virtual Channel Identifier, 16 Bit) und des VP (VPI, Virtual Path Identifier, 8 Bit). Das fünfte Oktett (HEC, Header Error Control) schützt den Zellenkopf mit einer Prüfsumme vor Übertragungsfehlern; es können sowohl Fehler detektiert als auch Einzel-Bit-Fehler korrigiert werden. Die Payload einer Zelle ist auf dieser Stufe nicht mit einer Prüfsumme versehen.

Vermittlungsprinzip von ATM

Die Vermittlung bei ATM beruht auf virtuellen Verbindungen oder virtuellen Pfaden, die zwischen Endsystemen durch eine *ausserhalb* des Durchschaltnetzes stehende Steuerfunktion erstellt werden. Betrachten wir eine durchgehende virtuelle Verbindung *y* zwischen den Systemen *A* und *E* in Bild 4. Sie wird durch eine Sequenz von VCI repräsentiert, die jeweils die zu dieser Verbindung gehörenden Zellen auf den Verbindungsleitungen zwischen benachbarten Vermittlungsknoten oder zwischen Endsystem und Vermittlungsknoten bezeichnen. Ein VCI hat somit nur eine lokale Bedeutung (auf einer Verbindungsleitung, bzw. zwischen benach-

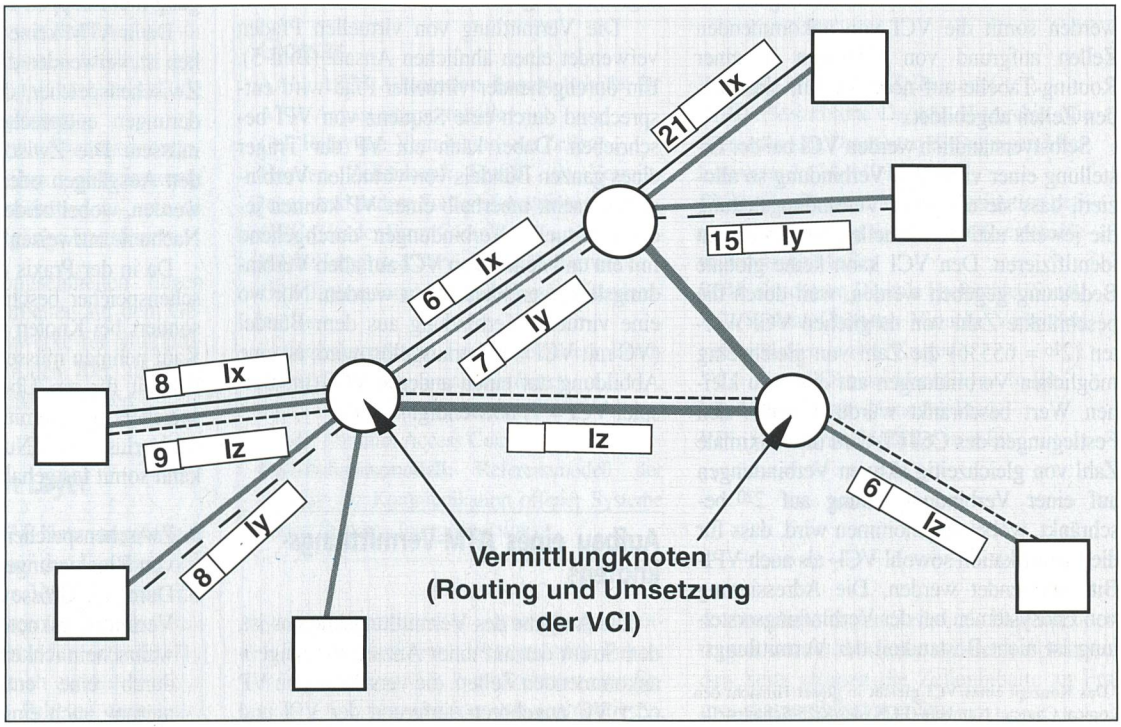

Bild 4 Vermittlungsprinzip von ATM

Die Zahlen im Zellenkopf symbolisieren die VCI

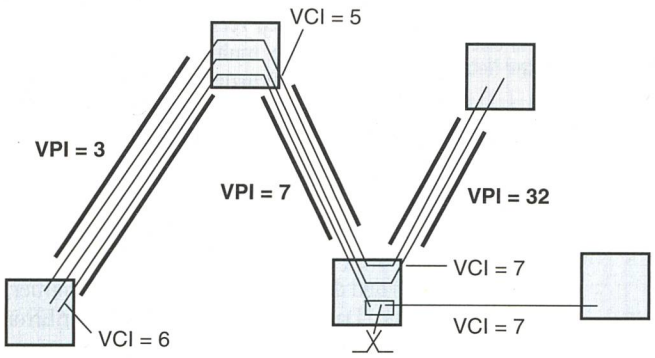

Bild 5 Vermittlung auf VPI und VCI

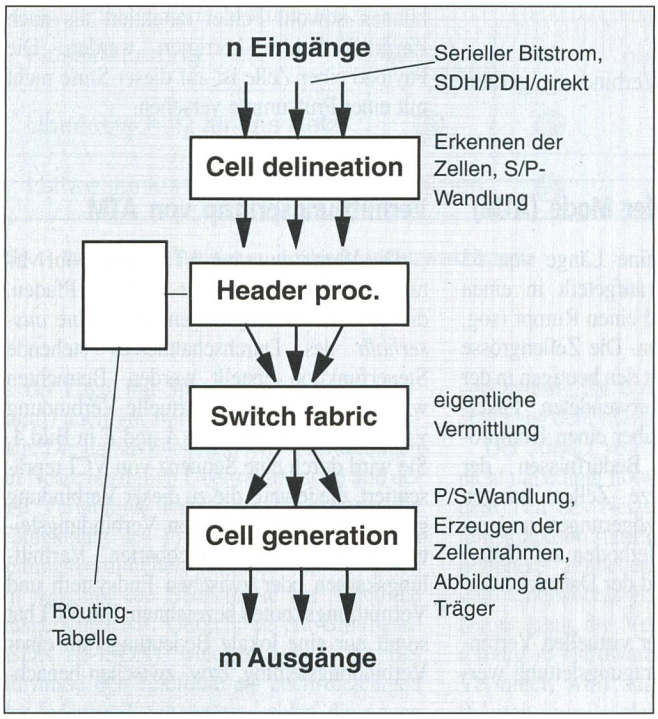

Bild 6 Aufbau eines ATM-Vermittlungsknotens

barten Systemen, oder an den Endpunkten eines VP)[3]. In einem Vermittlungsknoten werden somit die VCI von ankommenden Zellen aufgrund von Einträgen in einer Routing-Tabelle auf neue VCI in abgehenden Zellen abgebildet.

Selbstverständlich werden VCI bei der Erstellung einer virtuellen Verbindung so alloziert, dass sie auf jeder Verbindungsleitung die jeweils aktiven virtuellen Verbindungen identifizieren. Den VCI kann keine globale Bedeutung gegeben werden, weil durch die beschränkte Zahl von möglichen VCI-Werten (2^{16} = 65536) die Zahl von gleichzeitig möglichen Verbindungen auf einen zu kleinen Wert beschränkt würde. Gemäss den Festlegungen des CCITT wird die maximale Zahl von gleichzeitig aktiven Verbindungen auf einer Verbindungsleitung auf 2^{20} beschränkt, wobei angenommen wird, dass für die Identifikation sowohl VCI- als auch VPI-Bits verwendet werden. Die Adressierung von Endsystemen bei der Verbindungserstellung ist nicht Bestandteil der Vermittlungsfunktion in ATM, sondern eine Aufgabe der Signalisierung.

Die Vermittlung von virtuellen Pfaden verwendet einen ähnlichen Ansatz (Bild 5). Ein durchgehender virtueller Pfad wird entsprechend durch eine Sequenz von VPI beschrieben. Dabei kann ein VP der Träger eines ganzen Bündels von virtuellen Verbindungen sein; innerhalb eines VP können jedoch virtuelle Verbindungen durchgehend mit ein und demselben VCI auf allen Verbindungsleitungen identifiziert werden. Nur wo eine virtuelle Verbindung aus dem Bündel (VC mit VCI = 6) herausgelöst wird, ist eine Abbildung auf einen anderen VCI (im Beispiel VCI = 7) notwendig.

Aufbau eines ATM-Vermittlungsknotens

Die Aufgabe des Vermittlungsknotens ist, den Strom der auf einer Anzahl Eingänge *n* ankommenden Zellen, die verschiedenen VP oder VC angehören, aufgrund der VPI und VCI und einer normalerweise im Knoten gehaltenen Routingtabelle auf die *m* richtigen Ausgänge zu leiten.

Die in bitserieller Form ankommenden Zellen werden zunächst detektiert (Cell Delineation) und – um die Modulationsrate zu verkleinern – durch Serie-Parallel-Wandlung bitparallel dargestellt. Anschliessend (Header Processing) werden die Daten (primär VPI und VCI) aus dem Zellenkopf extrahiert, die VPI und VCI für die nächste Teilstrecke eingesetzt und die eigentliche Vermittlung (in der Switch fabric) vorbereitet; einige Architekturen von Vermittlungsknoten benötigen dafür einen zweiten (lokalen) Zellenkopf, in welchem unter anderem die Adresse des für die Zelle zu verwendenden Ausgangs enthalten ist. Am Ausgang werden die Zellen wiederum in bitserieller Form dargestellt.

Währenddem der Vermittlungsvorgang auf den ersten Blick als einfach und einleuchtend erscheint, liegt darin doch ein grundsätzliches Problem verborgen: Es ist ohne weiteres möglich, dass mehrere gleichzeitig an verschiedenen Eingängen ankommende Zellen im Knoten auf ein- und denselben Ausgang vermittelt werden (man nennt dies eine Blockierung). Da ein Ausgang jedoch nur eine Zelle zu einer Zeit aufnehmen kann, bedeutet dies, dass entweder alle Zellen ausser einer einzigen nicht weitergeleitet werden (also aus dem Netz entfernt werden müssen) oder im Knoten Platz für eine Zwischenspeicherung von Zellen vorgesehen wird sowie die Logik, um zwischengespeicherte Zellen später dem Ausgang zuzuführen (Auflösen der Blockierung). Eine weitere Lösung bestünde darin, die Blockierung überhaupt zu vermeiden, indem durch eine Flusssteuerung dafür gesorgt wird, dass ein besetzer Ausgang nicht doppelt belegt werden kann.

Da in ATM keine Flusssteuerung vorgesehen ist, verwenden die meisten Architekturen Zwischenspeicher, die natürlich den Anforderungen entsprechend dimensioniert sein müssen. Die Zwischenspeicher können an den Ausgängen oder Eingängen angeordnet werden, wobei beide Varianten Vorteile und Nachteile aufweisen (Bild 7).

Da in der Praxis die totale Zahl der Zwischenspeicher beschränkt ist, wird man besonders bei Knoten mit vielen Eingängen in Kauf nehmen müssen, dass die Wahrscheinlichkeit für ein Überlaufen des Zwischenspeichers und somit die Wahrscheinlichkeit für Verluste nicht Null ist. Zusammenfassend kann somit festgehalten werden:

a. Zwischenspeicher dienen zur Auflösung von Blockierungen.
b. Durch die Grösse der Zwischenspeicher in Vermittlungsknoten wird die Verlustwahrscheinlichkeit bestimmt und kann durch eine entsprechende Dimensionierung auch eingestellt werden. Die an-

[3] Das Konzept eines VCI gleicht in dieser Hinsicht den Logical Channel Numbers (LCN) der X.25-Schnittstelle.

gestrebte Verlustwahrscheinlichkeit liegt bei 10^{-8} bis 10^{-10}.

c. Durch die Zwischenspeicherung entstehen lastabhängige Verzögerungen bei der Übertragung von Zellen durch das Netz. Sofern eine obere Grenze für die Verzögerung eingehalten werden muss – was bei der Übertragung von Sprache und Videobildern in vielen Fällen zutrifft –, muss durch geeignete Massnahmen dafür gesorgt werden, dass die Netzlast bei gegebener Netzarchitektur ein gewisses Mass nicht überschreitet.

d. Die Netzlast, die Verlustwahrscheinlichkeit, die zu erwartende Verzögerung und die Zahl der Zwischenspeicher stehen in engem Zusammenhang untereinander und müssen bei der Dimensionierung eines Netzes bzw. bei der Zulassung neuer Verbindungen aufeinander abgestimmt werden.

Das Einhalten einer geforderten Dienstqualität wird erleichtert, indem im Kopf einer Zelle Information über die relative Priorität untergebracht werden kann (CLP-Feld); eine Zelle mit tiefer Priorität kann so im Überlastfall vor einer Zelle mit höherer Priorität aus dem Netz entfernt werden.

Die eigentliche Vermittlung kann auf viele verschiedene, durch die ATM-Spezifikation nicht festgelegte Arten vorgenommen werden. Man unterscheidet folgende Arten von Vermittlungseinheiten:

Space Switch: Die ankommenden Zellen werden auf verschiedenen Wegen innerhalb der Vermittlungseinheit (Durchschaltenetz) parallel durchgeschaltet. Beispiele dafür sind die sogenannten Banyan-Netzwerke und Kreuzschienenvermittler (crossbar).

Time Switch: Die ankommenden Zellen werden im Zeitmultiplexverfahren auf ein für alle Ausgänge gemeinsames Medium gebracht (Bus oder Ring) und von da auf die adressierten Ausgänge geleitet.

Shared Memory Switch: Die ankommenden Zellen werden in einem gemeinsamen Speicher zwischengespeichert und von da auf die adressierten Ausgänge transferiert.

Den ATM-Vermittlungseinheiten liegen wesentliche Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Verbindungsnetzwerke für Multiprozessoren zugrunde, die in den 70er- und den frühen 80er Jahren ausgeführt wurden [3].

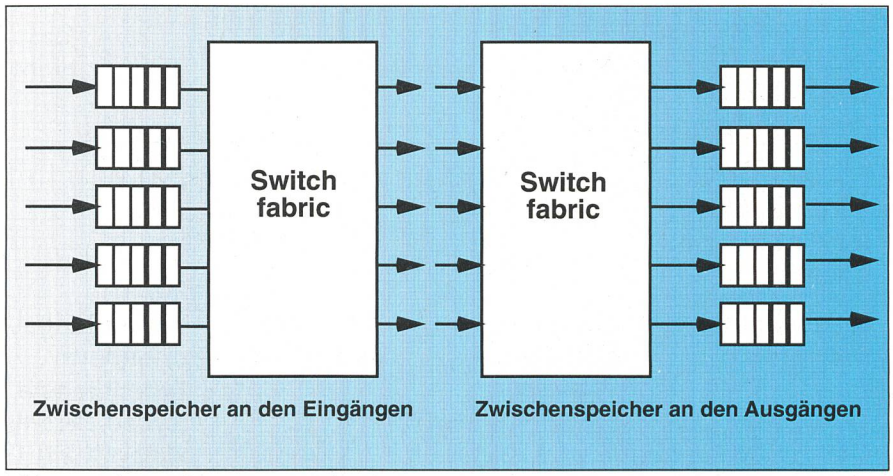

Bild 7 Zwischenspeicherung in Vermittlungsknoten
a Zwischenspeicher an den Eingängen
b Zwischenspeicher an den Ausgängen

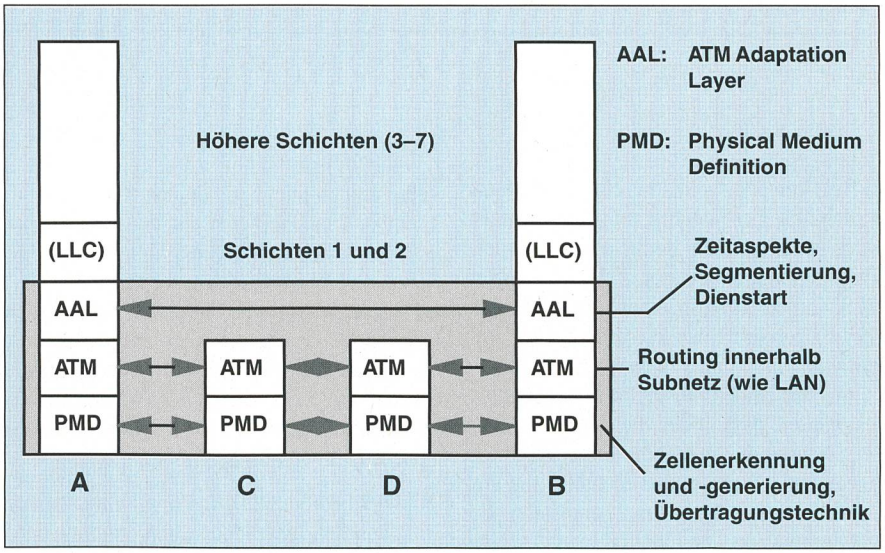

Bild 8 Das ATM-Protokollmodell

Glossar

AAL, ATM Adaptation Layer: Schicht für ATM-Anpassungsprotokolle
Cell Relaying: Vermittlung von Zellen
Header, Zellenkopf: Enthält die Vermittlungs- und andere Steuerinformationen
HEC: Header Error Control
ISDN: Integrated Services Digital Network
ISO: International Organization for Standardization
Leitungsvermittelt: Fest zugeordnete Bandbreite. Gegensatz zu paketvermittelt
LLC: Logical Link Control
MAC: Medium Access Control
OSI-Referenzmodell: Referenzmodell der ISO für die Kommunikation offener Systeme (Open Systems Interconnection)
Payload: Nutzlast im Zellenrumpf
PDH: Plesiochrone Digitale Hierarchie (die Hierarchie der Datenraten der heutigen Mietleitungen: 2 , 34, 140 MBit/s)
PMD: Die Physical Medium Definition definiert die Abbildung der Zellen auf verschiedene physische Medien
SDH: Synchrone Digitale Hierarchie (Sonet)
VC, Virtual Channel: Virtuelle Verbindungen verbinden je zwei Knoten
VCI: Virtual Channel Identifier zu 16 Bit
VP, Virtual Path: Virtueller Pfad
VPI: Virtual Path Identifier zu 8 Bit

Der ATM Adaptation Layer

Der von einem ATM-Netz angebotene Dienst beschränkt sich auf das Erstellen und Abbrechen von virtuellen Verbindungen und das Senden und Empfangen von Zellen über bestehende Verbindungen oder virtuelle Pfade. Da Zellen im Vergleich zu den heute in Netzen gebräuchlichen Paketen sehr kurz sind, wird es bei vielen Anwendungen notwendig sein, grössere Frames oder Pakete von darüberliegenden Protokollen in eine Sequenz von Dateneinheiten zu segmentieren, so dass diese in den Zellen als Payload übertragen werden können; auf der empfangenden Seite müssen die Zelleninhalte zu Frames reassembliert werden.

Bild 9 AAL-Protokolltypen

Fixe Zeitbeziehung zwischen Quelle und Senke (Isochronizität)	gefordert		nicht gefordert	
Verbindungs-los/verbindungs-orientiert	verbindungsorientiert			verbindungslos
Anwendung (Beispiele)	Sprache, Emulation heutiger Mietleitungen	VBR Audio und Video	Verbindungs-orientierte Datendienste (entspr. Frame Relay, X.25)	Verbindungs-lose Daten-dienste
Klasse	A	B	C	D
Verwendeter AAL-Typ	Typ 1	Typ 2	Typ 3, Typ 5	Typ 4

Bei Anwendungen, die eine beschränkte Variabilität der Verzögerungen verlangen, wird es notwendig sein, unterschiedliche Verzögerungen einzelner Zellen auszugleichen, indem diese in einem Zwischenspeicher so verzögert werden, dass ein kontinuierlicher (isochroner) Zellenstrom entsteht.

Aus den beiden Beispielen kann geschlossen werden, dass in den meisten Fällen über den Dienst von ATM eine Protokollschicht gelegt werden muss, die einen für die Anwendung optimalen Dienst bereitstellt oder weitgehend annähert. Im Rahmen der Normung des B-ISDN wurde daher neben dem Vermittlungskonzept von ATM (und den entsprechenden Zellenformaten) eine darauf aufbauende Protokollschicht für (ATM-)Anpassungsprotokolle definiert, der ATM Adaptation Layer (AAL). Bild 8 illustriert das damit entstehende Protokollmodell und eine mögliche Abbildung in das OSI-Referenzmodell. Die Schicht der Physical Medium Definition (PMD) definiert die Abbildung der Zellen auf verschiedene physische Medien (z.B. Abbildung auf eine SDH/Sonet-Leitung oder direkte Codierung von Zellen auf einem physischen Medium). Die ATM-Schicht umfasst das oben diskutierte ATM-Vermittlungsprinzip. Die in Bild 8 dargestellten (nur die Schichten PMD und ATM umfassenden) Zwischenknoten C und D entsprechen den ATM-Vermittlungsknoten. Die Systeme A und B sind Endsysteme in einem ATM-Netz. Die Abbildung in das OSI-Referenzmodell beruht darauf, dass ein ATM-Netz als ein Subnetz in einem Netzverbund aufgefasst werden kann (ähnlich wie ein Lokales Netz) und dass ein ATM-Endsystem gleichzeitig ein Endsystem im OSI-Kontext sein kann[4]. Die AAL-Schicht bietet in diesem Fall einen Dienst an, der vergleichbar mit dem Medium Access Control (MAC)-Dienst von Lokalen Netzen ist.

Gegenwärtig sind 5 verschiedene Typen von AAL-Protokollen definiert (AAL Typ 1–5); die der Definition zugrundeliegende Systematik ist in Bild 8 dargestellt. Sie verwendet drei Kriterien für die Einteilung von Diensten in vier Klassen A–D:

- Ist Isochronizität (eine fixe Zeitbeziehung zwischen gesendeten und empfangenen Datenelementen) gefordert oder nicht?
- Ist die von der Anwendung generierte Bitrate konstant oder variabel?
- Wird ein verbindungsloser oder ein verbindungsorientierter Dienst gewünscht?

Die Normung der AAL-Typen ist gegenwärtig noch nicht abgeschlossen. Die AAL-Typen 3 und 4 wurden als Vereinfachung nachträglich in einen kombinierten Typ 3/4 zusammengefasst. Der Typ 5 wurde von den Interessenvertretern der Computerindustrie eingebracht und soll künftig ähnliche Anwendungen unterstützen, wie sie heute mit Lokalen Netzen realisiert werden können.

[4] Tatsächlich kann ATM nur mit Schwierigkeiten in das OSI-Referenzmodell abgebildet werden, insbesondere weil die ATM-Schicht zwar eine Vermittlungsfunktion aufweist und demnach Teil der OSI-Netzwerkschicht 3 sein sollte, aber die ATM- und AAL-Schicht zusammen eine ähnliche Funktionalität aufweisen wie ein Lokales Netz (welches nur die Schichten 1 und 2 belegt); zudem sind die Datenübertragung und die Steuerfunktionen bei ATM (wie auch bei ISDN) voneinander getrennt. Abbildungen, die letzteres berücksichtigen, führen verschiedene Ebenen (Planes) ein, die verschiedene Protokollstapel aufweisen. Die hier gewählte Sichtweise abstrahiert von dieser Problematik.

Stand der Normung

Die Normung von ATM (die weitgehend in der Study Group XVIII des CCITT stattfindet) ist heute im Bereich der Vermittlung und Datenübertragung weitgehend stabil. Ebenso sind die verschiedenen AAL-Funktionen wie oben ausgeführt weitgehend bekannt, jedoch noch nicht definitiv verabschiedet. Im Bereich der Signalisierung (Erstellen, Verwalten und Abbrechen von Verbindungen) liegt jedoch noch ein weiter Weg vor den Normungsgremien. Ebenso sind die Mechanismen, die der Verwaltung des Netzes (Schutz vor Überlastung) dienen werden, noch Gegenstand der Diskussion.

Allerdings sind die Normierungsexperten der CCITT in den letzten Monaten auf erheblichen Druck von aussen gestossen, ihre Arbeit zu beschleunigen. Eine Gruppe von Computerherstellern hat sich im (amerikanisch dominierten) ATM-Forum zusammengeschlossen und definiert auf eine eher pragmatische Art die noch fehlenden Teile von ATM. Ihre Zielsetzung ist, möglichst schnell einen genügenden Satz von Übertragungs-, Signalisierungs- und Verwaltungsmechanismen festzulegen und als Industrie-Standards zu verankern, so dass interoperable ATM-Produkte in kurzer Zeit auf dem Markt gebracht werden können. Der Druck des ATM-Forums hat die Zeitachse der Einführung von ATM gegenüber früheren Schätzungen stark schrumpfen lassen, mit dem Resultat, dass schon heute erste Produkte, welche die Grundfunktionen der Vermittlung anbieten, auf dem Markt verfügbar sind und weitere in der nächsten Zeit erscheinen werden. Es wird

zudem erwartet, dass einige der aus dem ATM-Forum kommenden Lösungen auch ihren Eingang in die offiziellen Standardisierungsgremien finden werden.

Ausblick

Die Verfügbarkeit von ATM-Produkten eröffnet grundsätzlich die Möglichkeit, private ATM-Netze aufzubauen und ähnlich wie Lokale Netze zu betreiben. Allerdings sind die für den Betrieb benötigten Steuerfunktionen gegenwärtig herstellerspezifisch gelöst, da die entsprechenden internationalen Standards noch nicht vorhanden sind. Konkret bedeutet dies, dass ATM-Vermittlungsknoten verschiedener Hersteller zwar grundsätzlich zusammenarbeiten können, wenn die virtuellen Verbindungen oder Pfade einmal erstellt sind, aber verschiedene Protokolle für die Erstellung von Verbindungen verwenden. Der Anwender muss sich deshalb im Moment praktisch auf ein Netz von ATM-Vermittlungsknoten eines Herstellers beschränken.

Die vorhandenen Produkte ermöglichen ebenfalls die Bereitstellung von öffentlichen Diensten mit einem etwas flexibleren Angebot bezüglich der angebotenen Übertragungsraten, als dies mittels der herkömmlichen PDH-Standleitungen möglich ist. Einige europäische Anbieter arbeiten gegenwärtig am Aufbau von sogenannten ATM-Crossconnets, welche die Vermittlung auf der Basis von virtuellen Pfaden durchführen, also Zellen in semipermanent erstellten Pfaden aufgrund von VPI-Werten vermitteln. Dazu werden diejenigen AAL-Typen verwendet, die der Anwendung am besten entsprechen; im Fall der Emulation von Standleitungen ist dies der Typ 1.

Die Produktehersteller sind insofern in einem Dilemma, als die Standardisierung der Signalisierung noch nicht soweit fortgeschritten ist, dass genügend Stabilität für die Entwicklung von Produkten, die virtuelle Verbindungen schalten können, gegeben wäre. Es ist somit zu erwarten, dass die wirklich interessanten ATM-Produkte erst in ein bis zwei Jahren auf den Markt kommen werden.

Bevor jedoch eine ATM-Infrastruktur im grosssen Stil erfolgreich eingesetzt werden kann, sind noch einige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu leisten:

– Es sind Architekturen zu finden, welche konventionelle und Multimedia-Anwendungen so auf ein Netz aufzusetzen imstande sind, dass die potentiell verfügbare Bandbreite des Netzes auch der Anwendung zugute kommt. Dies betrifft sowohl die Architektur von Adaptern für Arbeitsstationen als auch die Art, wie das Netz in deren Betriebssystem eingebunden wird. Schliesslich werden auch Programmierumgebungen für die Entwicklung von kommunikationsfähigen Multimedia-Anwendungen benötigt.

– An diesen Aufgaben arbeiten gegenwärtig eine beträchtliche Zahl von F & E-Gruppen auf der ganzen Welt.

– Man kann nicht davon ausgehen, dass in kurzer Zeit ein weltweites ATM-Netz flächendeckend angeboten werden kann; deshalb ist es notwendig, Konzepte für die Vernetzung von ATM-Inseln zu finden. Hier stellt sich die Frage, ob die bisher bewährten Netzverbund-Technologien, wie zum Beispiel TCP/IP oder OSI, den neuen an sie gestellten Anforderungen gerecht werden können.

– Eine breitbandige globale Vernetzung bringt potentiell neue Anwendungsmöglichkeiten: Handelt es sich dabei um die Breitbandvarianten bekannter Dienste (Filetransfer, grafische Visualisierung, Übertragung von Bilddaten) oder werden wir neue Arten von Anwendungen nutzen können? Wir gehen davon aus, dass beides zutreffen wird. Insbesondere wird der Bereich der informellen Kommunikation, also die Unterstützung von fast natürlichen Kommunikationsformen, eine grosse Bedeutung erlangen. Bevor dies möglich ist, muss jedoch unter anderem die Ergonomie derartiger Systeme erforscht werden.

B-ISDN mit ATM wird jedoch nur dann ein Erfolg sein, wenn die Technologie und deren Dienste kostengünstig angeboten werden können. Gegenwärtig ist ein kleiner ATM-Vermittlungsknoten ab etwa 100 000 Franken zu haben; die Adapter für den Anschluss von Workstations kosten ebenfalls ein Vielfaches der entsprechenden Adapter, zum Beispiel für Lokale Netze. Es ist anzunehmen, dass sich diese eher ungünstige wirtschaftliche Ausgangslage mit der Zeit positiv verändern wird. Sobald genügend grosse Stückzahlen hergestellt werden können, müssten die Preise für die Technologie fallen. Aber dafür braucht es Käufer, und die zögern heute nicht zuletzt wegen der hohen Preise.

Der Autor ist davon überzeugt, dass die Verbreitung von ATM entscheidend davon beeinflusst wird, ob es gelingt, ATM als Ersatz oder Alternative zu traditionellen lokalen Netzen aufzubauen. Eine grosse installierte Basis von ATM-Ausrüstung im lokalen Bereich wäre sicher das beste Argument für die notwendige grosse Investition im WAN-Bereich, das heisst bei den potentiellen Anbietern von öffentlichen Breitbanddiensten. Daher müssten diese Anbieter alles Interesse daran haben, lokales ATM zu fördern und sich auf diese Weise den künftigen Markt zu schaffen.

ATM ist nicht die einzige Technologie, die sich um die Nachfolge der heutigen Netzwerktechnologie bewirbt. In den USA wird seit etwa 2 bis 3 Jahren Forschung an Gigabit-Testbeds betrieben; bekannt sind mindestens fünf derartige Vorhaben, in welchen neben ATM-bezogenen Forschungsarbeiten auch mit anderen Vermittlungstechnologien gearbeitet wird. Es ist anzunehmen, dass aus diesen Arbeiten, die zudem gut finanziert sind, alternative Technologien hervorgehen werden, voraussichtlich mit Übertragungsraten grösser als 1 GBit/s. Es ist denkbar, dass derartige Technologien sich schnell verbreiten könnten, sofern sie genügend einfach sind und vom Markt akzeptiert werden.

Literatur

[1] *CCITT Recommendation I.121:* Broadband Aspects of ISDN. ITU Blue Book, Genf, Schweiz, 1988.

[2] *S.E. Minzer:* Broadband ISDN and Asynchronous Transfer Mode (ATM). IEEE Communications 27(1989)9, pp. 17–24.

[3] *Daniel M. Diaz und M. Kumar:* Packet Switching in N log N Multistage Networks. Proceedings of Globecom, 1984, pp. 114–120.

[4] *Martin de Brycker:* Asynchronous Transfer Mode – Solution for Broadband ISDN. Ellis Horwood, ISBN 0-13-053513-3.

Anmerkung

Dieser Beitrag beruht auf einem Referat, das der Autor am 4. XMIT-Netzwerktag vom 14. Januar 1993 im Kongresshaus Zürich gehalten hat.

Communication à large bande par Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Après plus de vingt ans de conception, de standardisation, de développement et d'introduction, la téléphonie toute digitale est également possible en Suisse depuis 1992 par l'intermédiaire du réseau ISDN Swissnet 2. Et le développement technologique pousse encore le développement de la télécommunication. Mais dans quelle direction faut-il diriger le progrès? Les représentants de l'industrie, les proposants de la télécommunication et de nombreux représentants de la recherche universitaire sont d'avis qu'avec le Asynchronous Transfer Mode (ATM) on a trouvé la technique censée être capable de satisfaire les besoins futurs de la téléphonie comme aussi de l'informatique. Après des travaux préparatoires dans des laboratoires de recherche, la standardisation de ATM a été menée, dans la seconde moitié des années 80 par le CCITT. A l'heure actuelle, ce processus n'est pas encore terminé, mais il est déjà si avancé qu'actuellement les premiers produits baseés sur ATM apparaissent sur le marché.