Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 74 (1996)

Heft: 2

Artikel: Die Warteschlange : das Herzstück der ATM-Technik

Autor: Dupraz, Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876743

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

DIE ATM-TECHNIK UND IHRE WESENTLICHEN EIGENSCHAFTEN

DIE WARTESCHLANGE, DAS HERZSTÜCK DER ATM-TECHNIK

ATM ist aufgrund der Universalität und der enorm grossen Anwendungsflexibilität eine sehr verlockende Technik, die es erlaubt, neue Breitbanddienste anzubieten und gleichzeitig bestehende Dienste, insbesondere Datendienste, zusammenzuschliessen und dabei die getätigten Investitionen zu sichern. Die Zustimmung, die ATM derzeit in Telekommunikationskreisen erfährt, ist einmalig. Der Beitrag stellt ein grundlegendes Element in den Mittelpunkt: die Warteschlange, deren Verhalten alle ATM-Eigenschaften bestimmt. Zur Vereinfachung wird die Technik nur unter qualitativen Gesichtspunkten beschrieben und jede andere Betrachtung beiseite gelassen.

ATM ist eine Technik zur Übertragung und Vermittlung digitaler Informationen beliebiger Art (Sprache, Daten, Bilder) durch Pakete fester Länge, genannt Zellen. ATM ist

JACQUES DUPRAZ, directeur dans la Direction de Recherche, Alcatel CIT, Vélizy (F)

verbindungsorientiert, die Zellen folgen alle dem gleichen Weg, der eine virtuelle Verbindung zwischen einem Sender und einem oder mehreren Empfängern darstellt. Das ATM-Verfahren ist nach dem Modell OSI (Open Systems Interconnection) in Schichten aufgebaut.

Die ATM-Zelle

Die Zelle ist die von der ITU-T (International Telecommunications Union) standardisierte Übertragungseinheit. Sie besteht aus zwei Teilen: der Nutzinformation in Form eines Standard-Containers mit 48 Byte, der die von einem Sender generierte Information enthält, und dem Zellenkopf von 5 Byte mit den zur Zellenübertragung nötigen Informationen. Diese definieren die ATM-Schicht, die sich direkt über der physikalischen Schicht befindet. Diese Schicht wird von dem für die Nutzinformation transparenten Netz verwendet.

Der Zellenkopf

Es werden zwei Zellenkopfkonfigurationen verwendet, je nachdem, ob die Teilnehmer/Netz-Schnittstelle (UNI – User-Network Interface) oder die Schnittstelle zwischen den Knoten eines Netzes oder zweier verschiedener Netze (NNI – Network-Node Interface) betrachtet wird. Sie enthalten eine bestimmte Anzahl von Feldern *(Tab. 1)*.

Das nur an der UNI vorhandene GFC-(Generic-Flow-Control-)Feld kann vom Netz verwendet werden, um auf der Teilnehmerseite den Fluss bestimmter Verbindungen und den Netzzugang von mehreren Endgeräten zu überwachen. Es gibt daher zwei Verbindungsklassen: die von GFC überwachten und die von GFC nicht überwachten.

Der Zellenkopf enthält eine logische Kennzeichnung der Schicht 2, die aus zwei unabhängigen Teilen besteht: der Kennzeichnung des virtuellen Wegs VPI (Virtual Path Identifier) und der Kennzeichnung des virtuellen Kanals VCI (Virtual Channel Identifier). Der von der Zelle im ATM-Netz genommene Weg wird von dieser Kennzeichnung vollständig festgelegt.

Das PT-Feld (PT = Payload Type – Art der Nutzinformation) von 3 bit erlaubt es, acht Zellenarten, welche die gleiche Kennzeichnung haben, also zur gleichen Verbindung gehören, festzulegen. Sieben sind derzeit genormt. Neben den für die Teilnehmer reservierten Zellen müssen die Wartungszellen (OAM-Zellen) erwähnt werden, die das Überwachen der Verbindungsqualität und die Meldung möglicher Überlastungen in den Netzelementen erlauben.

Das CLP-Feld (CLP = Cell Loss Priority –

Zellenkopf							
UNI				NNI			
GFC	VPI			VPI			
VPI		VCI		VPI		VCI	
VCI				VCI			
VCI		PT	CLP	VCI		PT	CLP
HEC				HEC			

Tabelle 1. Format des Zellenkopfs.

Adaptionsschichten				
Klasse	A	B	C	D
Anwendungsarten	Sprache, Video konstante Bitrate	Video variable Bitrate	verbindungsorientierte Datenübertragung (Frame Relay, Signalisierung)	verbindungslose Datenübertragung (SMDS, CBDS)
AAL-Typen	1	2	3/4 5	3/4

Tabelle 2. Arten von ATM-Adaptionsschichten.

Zellenverlustpriorität) von 1 bit erlaubt es, für Zellen der gleichen Verbindung zwei Prioritätsstufen zu unterscheiden.
Schliesslich enthält das letzte Byte des Zellenkopfs eine Prüfsequenz HEC (Header Error Correction – Zellenkopffehlerüberwachung), die es erlaubt, einen einzelnen Fehler auf einem Bit des Zellenkopfs zu korrigieren und eine Anzahl von Fehlern grösser oder gleich zwei aufzuspüren; in diesem Fall wird die Zelle verworfen. Sie spielt insoweit eine wesentliche Rolle, als die Weiterleitung der Zellen und die Unversehrtheit der Verbindungen selbst von der Auswertung des Zellenkopfs abhängen.

Der Nutzinformationsblock

Er transportiert die von einer Quelle generierte Information. Diese muss der ATM-Übertragung angepasst sein, und sei es nur durch die Unterteilung in Blöcke von 48 Byte Länge und die anschliessende Wiederzusammensetzung. Weitere Funktionen sind nötig, damit die ausgesendete Nachricht vom Empfänger mit der erforderlichen Dienstqualität wiederhergestellt und verwendet werden kann: Fehler- und Zellenverlusterkennung und -korrektur, Rückgewinnung der Diensttakte usw. In den Endgeräten, das heisst den Sendern und Empfängern, werden diese Anpassungsfunktionen durch die ATM-Adaptionsschichten (AAL – ATM Adaption Layer) bereitgestellt, die in einem Feld der Nutzinformation enthalten sind. Die für die Teilnehmerinformation zugestandene Anzahl von Bytes liegt also genaugenommen unter 48. Diese Schichten befinden sich zwischen der ATM-Schicht und den Anwendungsschichten und sind dienstspezifisch. Die bisher festgelegten Normen sind in *Tabelle 2* zusammengefasst.
Die Information wird dynamisch in die Nutzinformationsblöcke eingefügt, abhängig vom tatsächlich von den Quellen generierten Verkehr. Die Netzressourcen werden also nur wenn nötig genutzt; bei der synchronen Technik ist das nicht der Fall.

Die ATM-Übertragung

Multiplexen in der ATM-Technik

Die von verschiedenen Sendern generierten Zellen werden auf Leitungen mit üblicherweise (aber nicht notwendigerweise) hohen physikalischen Übertragungsgeschwindigkeiten gemultiplext. Dieses Multiplexen erfolgt über zwischengeschaltete Warteschlangen *(Bild 1)*. Als Ergebnis des Multiplexens entsteht eine unendliche Folge von Zellen, von denen einige, versehen mit einer universellen Kennzeichnung, keine Information enthalten. Es ist zu beachten, dass die ATM-Multiplextechnik auf physikalischer Ebene synchron, in der Nachrichtenebene aber asynchron ist, da der Inhalt der Nutzinformationsblöcke nicht in Zusammenhang mit der zeitlichen Position der Zelle steht. Die Warteschlange ist das wesentliche Element, das alle ATM-Eigenschaften bestimmt. Tatsächlich ist ein ATM-Netz ein Warteschlangennetz. Da die Warteschlange von endlicher Länge ist, kann sie überlaufen, wenn der ankommende Verkehr zu hoch ist und die möglichen Vorhersagen übertrifft. Dies führt zum Zellenverlust auf einer oder mehreren Verbindungen, die diese Warteschlange benutzen. In der Praxis muss die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen dieses Ereignisses vernachlässigbar klein gehalten werden, das heisst, sie muss unter einem bestimmten Wert (typisch 10^{-10}) liegen, der abhängig vom betrachteten Dienst ist. Abhängig von der Art der Zellenverarbeitung gibt es verschiedene Typen von Warteschlangen [1, 2]. Für jede Warteschlange ist die Überlaufwahrscheinlichkeit eine Funktion ihrer Länge L, der Dauer T_c der Zelle (Bearbeitungszeit), der durchschnittlichen Anzahl ρ der empfangenen Zellen während der Dauer T_c (Belastung

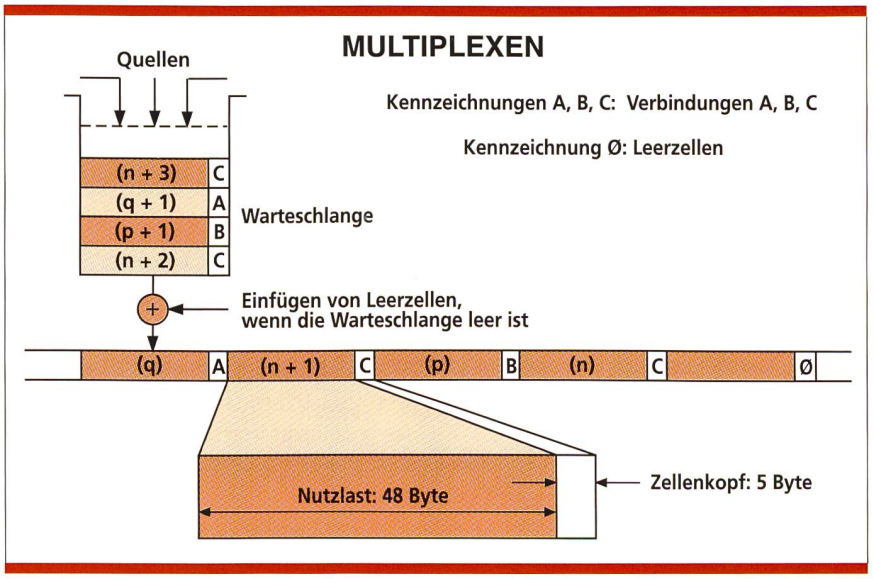

Bild 1. ATM-Multiplexen.

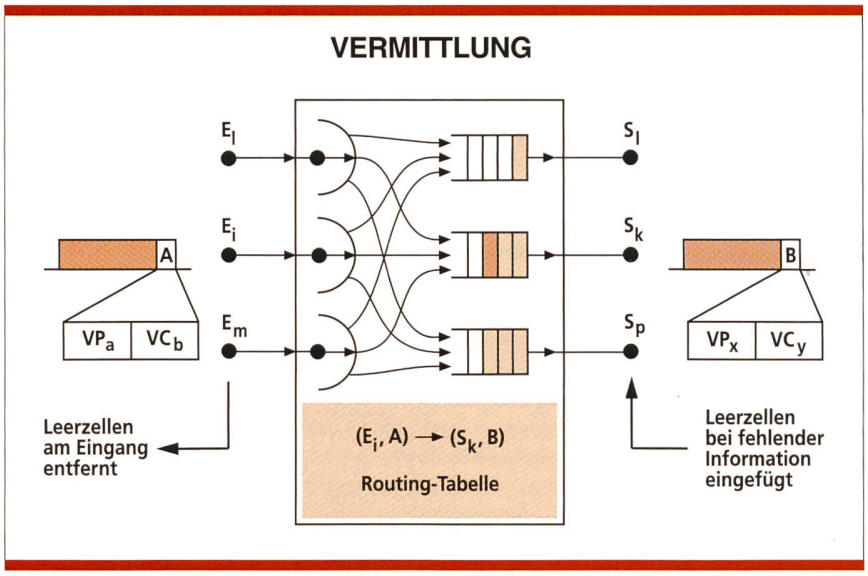

Bild 2. ATM-Vermittlung.

der Schlange) und auch des stochastischen Gesetzes des Zelleneintreffens. Da dieses Gesetz vom betrachteten Dienst abhängt, ist auch die Verlustwahrscheinlichkeit davon abhängig. Strenggenommen ist ATM damit nicht unabhängig vom transportierten Dienst.
Eine Warteschlange erzeugt einen Jitter in den Verbindungen, die sie durchlaufen, da die Durchlaufzeit der Zellen (Wartezeit plus Bearbeitungszeit) zufällig ist und von der Schlangenbelegung abhängt. Demnach ist keine zeitliche Transparenz gegeben, und der Diensttakt wird von der ATM-Schicht nicht übertragen. Wo nötig, wird dieser Takt von einer spezifischen AAL-Schicht wiedergewonnen. Dies ist der Fall für die DBR-(Deterministic-Bit-Rate-)Dienste.
Das ATM-Multiplexen ist von hoher Flexibilität, da es nicht hierarchisch aufgebaut ist und alle Verkehrs- und Dienstarten dynamisch bearbeitet.

Der Transport des Multiplexzellenstroms

Ein ATM-Multiplexzellenstrom – ausgestattet mit Zellen zur Wartung und Überwachung – kann auf jeder Leitung, die eine genügende Qualität für die Wirksamkeit der HEC-Prüfsequenz hat, direkt übertragen werden.
Seine Asynchronität erlaubt in gleichem Masse den Transport im plesiochronen Rahmen von PDH (plesiochrone digitale Hierarchie) oder in den synchronen Containern SONET oder SDH (synchrone digitale Hierarchie), zum Beispiel VC12, VC4, um den Preis einer zusätzlich erhöhten Übertragungsgeschwindigkeit.
In diesem Fall werden gewisse Funktionen der physikalischen PDH- oder SDH-Schicht verwendet, insbesondere für die Qualitätsüberwachung der Binärfolge und für die Rekonfigurierung der Verbindungen im Störungsfall.

Die ATM-Vermittlung

Obwohl ATM eine umfassende Technik ist, welche die Übertragung und die Vermittlung einschliesst, ist doch der Gesichtspunkt der Vermittlung wesentlicher. Für eine Punkt-zu-Punkt-Übertragung, die keine Vermittlung benötigt, ist ATM in der Tat interessant.
Die ATM-Vermittlung ist zeitlich asynchron und wirkt auf Zellen oder – was gleichbedeutend ist – auf virtuelle Verbindungen. Die Zellen werden in Abhängigkeit von ihrer Kennzeichnung und nach Bestätigung ihrer HEC-Prüfsequenz zwischen einem Eingang und einem oder mehreren Ausgängen vermittelt. Wenn mehrere Zellen aus verschiedenen Verbindungen gleichzeitig zum gleichen Ausgang geleitet werden müssen, kommt es zur Blockierung, und einige Zellen müssen vor ihrer Wiederaussendung verzögert werden.
Alle ATM-Vermittlungsstellen enthalten daher Warteschlangen, und zahlreiche Architekturen wurden vorgeschlagen, um deren Leistung und Kosten zu optimieren [3]. *Bild 2* zeigt das Prinzip. Die Steuerstation der Vermittlungsstelle enthält eine Umwertungstabelle, die beim Verbindungsaufbau geladen wird und die es erlaubt, die empfangenen Zellen zu den verschiedenen Ausgängen zu leiten. Die leeren Zellen werden am Eingang entfernt und tragen nicht zur Belastung der Vermittlungsstelle bei. Am Ausgang werden bei fehlender Information leere Zellen eingefügt.
Die Zellenvermittlung ist schnell, denn sie erfolgt mit Hardware und ohne Softwareprotokoll, wie es bei der traditionellen Paketvermittlung verwendet wird.

Die ATM-Verbindung

Verbindungsarten

Eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung verbindet einen Sender und einen Empfänger über ein Netz. Eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung verbindet einen Sender und mehrere Empfänger. Die Zweiteilung der Zellenkennzeichnung erlaubt die Definition von zwei Verbindungsarten:
- Der virtuelle Weg ist nur durch das VPI-Feld gekennzeichnet, das VCI-Feld wird nicht «gesehen».
- Der virtuelle Kanal wird durch das Paar VPI+VCI gekennzeichnet.

Ein virtueller Weg enthält eine gewisse Anzahl virtueller Kanäle, und eine Verbindungsstrecke kann mehrere virtuelle Wege enthalten.
Je nachdem, ob nur VPI oder VPI+VCI analysiert werden, vermittelt ein Knoten einen virtuellen Weg oder einen virtuellen Kanal. Im ersten Fall werden die virtuellen Kanäle innerhalb virtueller Wege transparent von Endpunkt zu Endpunkt transportiert *(Bild 3)*. Tatsächlich ist eine Verbindung als eine Verkettung von Kennzeichnungen auf aufeinanderfolgenden physikalischen Leitungswegen zwischen den Netzknoten definiert.
Eine virtuelle Verbindung kann auf zwei Arten hergestellt werden:
- durch den Netzbediener von einer Netzmanagementzentrale aus. Es handelt sich dann um semipermanente Verbindungen, zufällig oder reserviert. Der Knoten ist ein Crossconnect.
- durch die Teilnehmer selbst, in Echtzeit oder für eine a priori belie-

bige Zeitdauer, über eine spezifische Signalisierungssprache. Der Knoten ist dann eine Ruf-für-Ruf-Vermittlungsstelle, welche die Teilnehmersignalisierung auswertet.

Die semipermanenten Verbindungen sind heute im allgemeinen virtuelle Wege, die Ruf-für-Ruf-vermittelten Verbindungen sind virtuelle Kanäle [4].

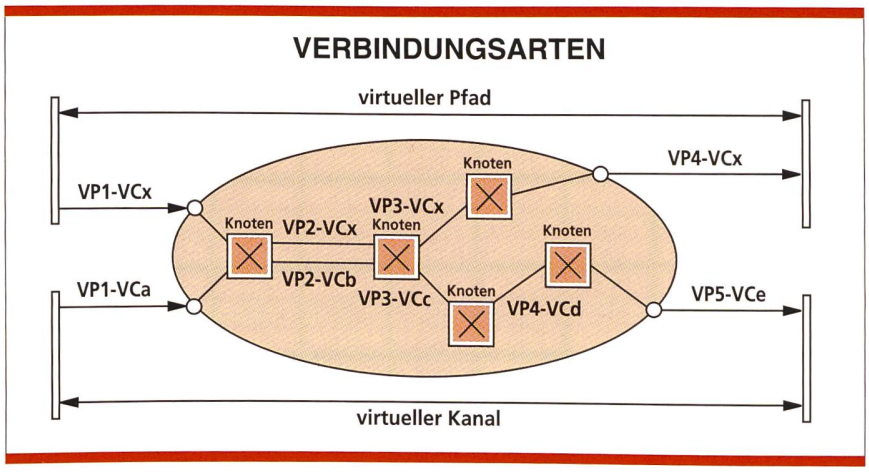

Bild 3. ATM-Verbindungsarten.

Durchsatz einer Verbindung

Eine Verbindung wird in jedem Punkt des Netzes und insbesondere an der Quelle durch einen stochastischen Prozess charakterisiert, der durch eine Folge von Zellen mit gleicher Kennzeichnung definiert ist.
Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zellen liegt ein Zeitintervall, das eine Zufallsvariable X ist und leere Zellen und/oder zu einer anderen Verbindung des gleichen Multiplexstroms gehörende Zellen enthält. Unter der Annahme, dass der Prozess stationär ist, erlaubt es der Durchschnittswert E[X], einen mittleren Durchsatz 1/E[X] zu definieren, und die Varianz V[X] drückt die Durchsatzschwankung um den Durchschnittswert aus. Der Kehrwert $1/X_{min}$ des Minimums X_{min} definiert den (momentanen) Spitzendurchsatz der Verbindung, der selbstverständlich gleich der physikalischen Übertragungsgeschwindigkeit der Übertragungsleitung sein kann, wenn diese nur eine virtuelle Verbindung enthält.
Ohne näher ins Detail zu gehen, können nach dem Wert V[X] an der Quelle zwei Verbindungsarten unterschieden werden:

- V[X] null oder klein: Es handelt sich um Quellen in Echtzeit, abgetastet (Sprache, Audio, Video), die einen periodischen Zellenfluss generieren. V[X] ist der durch das Multiplexen mehrerer Ströme eingefügte Jitter.
- V[X] gross: Es handelt sich um Datenquellen der Datenverarbeitung, die einen Zellenfluss in mehr oder weniger langen Stössen (Paketen) generieren, mit einem momentanen Spitzendurchsatz, der weit über dem mittleren Durchsatz liegen kann. Man spricht dann nicht mehr von Jitter, sondern von einer Burst-Charakteristik, die definiert ist als das Verhältnis von Spitzendurchsatz zu mittlerem Durchsatz.

Der Durchgang durch eine Warteschlange wird in den beiden Fällen bei gleichem mittlerem Durchsatz ganz unterschiedlich sein. Es ist vorstellbar, dass die Ankunft eines genügend langen Bursts die Schlange überlaufen lassen und möglicherweise zum Zellenverlust führen kann, und das nicht nur in der betrachteten Verbindung, sondern – was schlimmer ist – auch in den anderen Verbindungen, die diese Schlange verwenden.
Unabhängig von den quelleneigenen Durchsätzen kann das Multiplexen von Verbindungen über eine Warteschlange von sich aus zu einer Erhöhung von V[X] und dem momentanen Spitzendurchsatz beitragen.

Verbindungsaufbau und Nutzungsparameter

Da ATM verbindungsorientiert ist, muss die Verbindung vor der tatsächlichen Aussendung der Zellen aufgebaut werden. Der Aufbau unterliegt einer CAC-Prozedur (CAC = Call Admission Control – Zugangssteuerung), die mit einem Misserfolg enden kann, wenn die nötigen Kapazitäten nicht verfügbar sind. Es gibt zwei Arten von diesen Kapazitäten:

- Kennzeichnungsfolge von Endpunkt zu Endpunkt, um die durchlaufenen Knoten zu markieren und die Wegelenkung der Zellen zu definieren
- die Bandbreite, die der Übertragungsgeschwindigkeit des angeforderten Dienstes und den Werten der vom Teilnehmer angegebenen Nutzungsparameter zur Verbindungsbezeichnung entspricht

In der Tat ist die gleiche Verkettung von Kennzeichnungen für die beiden Übertragungsrichtungen (hin und zurück) reserviert, so als wäre die Verbindung systematisch bidirektional. Die Bandbreite wiederum ist nicht unbedingt dieselbe in beiden Richtungen, und eine unidirektionale Verbindung ist eine bidirektionale Verbindung, deren Rückkanal eine Nutzrate Null hat.
Drei Paare von Nutzungsparametern werden in der Praxis verwendet:

(T, τ)
T ist das minimale Zeitintervall, das zwei aufeinanderfolgende, von der Quelle ausgesandte Zellen trennt; 1/T definiert dabei in Zellen pro Sekunde den Spitzendurchsatz PCR (Peak Cell Rate), und τ ist die Jittertoleranz CDV (Cell Delay Variation) des Spitzendurchsatzes in Sekunden.

(T_s, τ_s)
T_s ist das durchschnittliche Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zellen; $1/T_s$ definiert dabei den mittleren Durchsatz SCR (Sustainable Cell Rate) und τ_s die Jittertoleranz des mittleren Durchsatzes.

(T_m, τ_m)
T_m ist das Intervall, das dem vom Netz garantierten minimalen Durchsatz MCR (Minimal Cell Rate) entspricht, und τ_m ist die zugehörige Jittertoleranz.
Die Jittertoleranzen erlauben, dass die tatsächlichen Durchsätze höher sein können als die angegebenen, zu denen sie gehören (aber nur während der begrenzten Zeitspanne eines Bursts). In dieser Hinsicht können die

DIENSTKLASSEN

	Nutzungsparameter	QnS (Dienstgüte)	Zellenrate der Verbindung
DBR (Deterministik Bit Rate)	(T, ♦)	CLR ○ 10^{-n} CDV klein	PCR, t
SBR (Statisfical Bit Rate)	(T, ♦) (Ts, ♦ s,MBS)	CLR ○ 10^{-n} CDV begrenzt	PCR, SCR, t
ABR (Available Bit Rate)	(T, ♦) (Tm, ♦ m)	CLR ○ 10^{-n} CDV unbestimmt	PCR, MCR, Durchflusssteuerung, t

Bild 4.
ATM-Dienstklassen.

Parameter T, T_s, und τ_s kombiniert werden, um einen anderen Nutzungsparameter zu definieren: die maximale Länge MBS (Maximal Burst Size) der Stösse.

Verbindungssteuerung

Werden die beim Verbindungsaufbau angegebenen Werte der Nutzungsparameter nicht eingehalten, kann eine Warteschlange, die von dieser Verbindung durchlaufen wird, überlaufen und einen nicht akzeptablen Verlust von Zellen in den anderen Verbindungen, welche dieselbe Warteschlange benutzen, hervorrufen. Es muss daher ständig der Durchsatz von allen Verbindungen am Netzeingang (UNI-Schnittstelle) und selbst zwischen zwei zu verschiedenen Betreibern gehörenden Netzen (NNI-Schnittstelle) überwacht werden. Auf diese Weise können die Verbindungen, die ihre Vorgaben einhalten, geschützt werden gegen die unbeabsichtigten oder beabsichtigten Abweichungen derer, die ihre Vorgaben nicht einhalten.
Die ITU-T hat in ihrer Empfehlung I.371 einen sogenannten VSA-Algorithmus (Virtual Scheduling Algorithm) normiert, mit dem festgestellt werden kann, ob jede Zelle einer Verbindung konform oder nicht konform zum zwischen Teilnehmer und Netz ausgehandelten Vertrag ist. Hierbei wird die Zeitspanne zur vorhergehenden Zelle gemessen. Eine nichtkonforme Zelle kann entweder verworfen oder durch ein CLP-Bit von 1 markiert werden, um dann im Fall einer Überlastung vorzugsweise verworfen zu werden. Dahinter steht die Idee, dass es möglicherweise unnötig ist, eine nichtkonforme Zelle zu verwerfen, wenn das Netz die Kapazitäten zum Transport frei hat.
Der VSA-Algorithmus benutzt ein Hardwarebauteil, das bei den hohen Übertragungsgeschwindigkeiten der ATM-Verbindungen, die 155 Mbit/s oder sogar 622 Mbit/s erreichen können, in Echtzeit arbeitet. Eigentlich sind es zwei identische, aber beim Verbindungsaufbau auf zwei verschiedene Werte eingestellte Algorithmen, die zwei Paare von den im vorangegangenen Absatz definierten Nutzungsparametern überwachen können, und zwar (T, τ) und (T_s, τ_s) oder (T, τ) und (T_m, τ_m), je nach verwendeter Dienstklasse.

Überlastung, Glättung und Durchflusskontrolle

Zurück zum Modell der Warteschlange, die einen Zellenstrom mit einer bestimmten Anzahl von Verbindungen empfängt: Die Zellen können einen Überlastzustand vorfinden, wenngleich die Definition dieses Phänomens unscharf bleibt. Der eindeutige Fall ist natürlich der des Überlaufs. Dieses Phänomen kann auf mehrere Arten minimiert werden.
Eine pauschale, vorbeugende Möglichkeit ist die Überdimensionierung der Schlange durch eine Verlängerung der Länge L und/oder eine Verkürzung der Bearbeitungszeit T_c, um die Durchsatzspitzen zu absorbieren. Günstiger ist es, vorher durch Glättung die Varianz V[X] von jeder die Schlange durchlaufenden Verbindung zu verringern, indem der Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Zellen vergrössert wird. Dies wird mit einer Speicherung erreicht, die um so umfangreicher ist, je grösser V[X] ist. Voraussetzung ist aber eine a priori ausreichend präzise Kenntnis der Ankunftsgesetze, was für Datendienste problematisch bleibt. Praktisch kann die Glättung am Eingang und/oder am Ausgang eines Netzes durchgeführt werden, um den Jitter der Verbindungen zu reduzieren und die Nutzung der verfügbaren Bandbreite zu optimieren.
Eine dem Überlauf entgegenwirkende Möglichkeit ist der Mechanismus zur Durchflusskontrolle, der den Zustand der Schlange in Echtzeit überwacht und für jede Verbindung das Risiko einer Überlastung bereits weiter vorn signalisiert. Zwei grosse Varianten liegen im Wettstreit. In der einen darf die Quelle mit dem maximalen Durchsatz senden, aber in Stössen, die aufgrund eines in Abhängigkeit vom Zustand der Warteschlange zugewiesenen Guthabens eine begrenzte Länge haben. In der anderen, die derzeit vom ATM-Forum vorgezogen wird, ist es der Durchsatz, der in Abhängigkeit von diesem Zustand variiert. Dies ist dann das Problem einer gerechten Durchsatzreduzierung der Verbindungen, die überlastet sind [6].

Die ATM-Dienstklassen

Wenn eine Verbindung hergestellt wurde, ist sie das Ergebnis einer Verhandlung zwischen dem Teilnehmer und dem Netz, in welcher die gewählte Dienstklasse bestimmt wurde. Eine Dienstklasse ist definiert durch die Nutzungsparameter der Verbindung und durch ihre Dienstqualität.
Die Nutzungsparameter wurden bereits aufgezeigt. Was die Dienstqua-

lität betrifft, so wird sie hauptsächlich gemessen durch [7]:
- die Zellenverlustwahrscheinlichkeit CLR (Cell Loss Ratio) und
- die Jittertoleranz CDV

Zurzeit sind drei grundlegende Dienstklassen spezifiziert, wenn auch nicht tatsächlich in den Netzen in Betrieb [8]:
- DBR (Deterministic Bit Rate)
- SBR (Statistical Bit Rate)
- ABR (Available Bit Rate)

Die Tabelle in *Bild 4* fasst die Situation zusammen, indem sie für jede Klasse die Nutzungsparameter, die Dienstqualität und den Durchsatz der Verbindung angibt.
In der DBR-Klasse ist dieser Durchsatz an der Quelle nominal konstant und die Toleranz CDV gering. Sie wird für Dienste in Echtzeit benutzt: Sprache, Audio oder Video. In den zwei anderen Klassen ist der Durchsatz variabel bzw. sporadisch, und die Toleranz CDV kann relativ gross sein. Die ABR-Klasse ist besonders an Datendienste angepasst. Der momentane Durchsatz schwankt zwischen einem maximalen Wert PCR und einem minimalen Wert MCR. Wenn das Netz nicht über die notwendigen Kapazitäten verfügt, wird eine Durchflusskontrolle aktiviert, um den Quellendurchsatz zu reduzieren, jedoch ohne unter den garantierten Wert MCR zu fallen.

Perspektiven

Während das Verständnis für die komplexe ATM-Technik zunimmt, zeigen sich neue Entwicklungen und stellen sich neue Fragen, ohne jedoch die Grundlagen anzutasten. Die Warteschlange mit den Einschränkungen, die sie für den Verkehrsablauf bildet, ist das Herzstück der ATM-Technik, entstanden aus dem Multiplexen von Verbindungen mit unterschiedlichen und variablen Übertragungsgeschwindigkeiten.
Die Benutzungsflexibilität der ATM-Technik und ihre Fähigkeit, sämtliche heute bekannten Dienste zu transportieren, bringen ihr einen vermutlich entscheidenden Vorteil, um in einem ersten Schritt alle vorhandenen spezialisierten Netze, speziell die Datennetze, zusammenzuschliessen und vielleicht in einem zweiten Schritt den gesamten Fernmeldeverkehr zu vereinen. Die Zelle wird dann zur universellen Transporteinheit.
Dank der grossen Dienstvielfalt, die ein ATM-Netz den Teilnehmern und Betreibern bietet, ist dessen Verwaltung sicher komplexer als die eines herkömmlichen Netzes. Versuche auf derzeitigen und zukünftigen Pilotnetzen sind unverzichtbar, um das Verstehen und Beherrschen der von der ATM-Technik gebotenen enormen Möglichkeiten weiter zu verbessern. Alcatel hat sehr früh erkannt, dass das Angebot von ATM-Produkten mit einem Angebot zur Verwaltung von Breitbandnetzen einhergehen muss. Die Produkte (Alcatel 1000, Alcatel 1100) wurden durch ein Angebot zur Netzverwaltung (Alcatel 1370) vervollständigt und erlauben den Betreibern eine schnelle und leichte Inbetriebnahme von ATM-Diensten. 8.4

SUMMARY

ATM technology and its main features

While understanding of the complex ATM technology is increasing, new developments and new questions are arising, which do not infringe on the basics. The core of ATM technology is the queue which restricts the flow of traffic – created by multiplexing connections with varying and variable transmission speeds. The flexible uses of ATM technology and the possibility it provides, to transport all services known today, give it a probably decisive advantage: to combine in a first step all available specialized networks, in particular data networks, and perhaps to consolidate in a second step all telecommunication traffic. The cell then becomes the universal unit of transport.

Due to the great variety of services offered to subscribers and operators in an ATM network, its management is certainly more complex than that of a conventional network. Trials on present-day and future pilot networks are essential in order to further improve the understanding and command of the tremendous possibilities afforded by ATM technology. Alcatel soon recognized that an offer of ATM products must be accompanied by an offer for the management of broadband networks. The products (Alcatel 1000, Alcatel 1100) have been complemented by an offer of network management (Alcatel 1370) and enable operators to start up ATM services quickly and easily.

Literatur

1 Kröner, Hans; Hébuterne, Gérard; Boyer, Pierre: Priority Management in ATM Switching Nodes. IEEE JSAC, Band 9, Nr. 3, S. 418–426, April 1991.
2 Roberts, J. W.: Virtual Spacing for Flexible Traffic Control. International Journal of Communication Systems, Band 7, 1994.
3 De Prycker, Martin: ATM – mode de transport asynchrone. Masson, S. 138–217, 1995.
4 Dupraz, Jacques: ATM-Netze aus der Sicht der Hersteller. Elektrisches Nachrichtenwesen, 2. Quartal 1994.
5 Recommandation UIT I.371: Traffic Control and Congestion in B-ISDN, Frozen issue, März 1993.
6 ATM Forum: Traffic Management Specification, Version 4.0, AF-TM95-0013R2.
7 Recommandation UIT I.356: B-ISDN ATM Layer Cell Transfer Performance. Frozen issue, März 1993.
8 Parmentier, Pierre; Frêne, Patrick: Making ATM Variable Bit Rate Networks Manageable. Proceedings of the ITU Geneva '95 Forum.