

Übersicht über die neue Übermittlungstechnik ATM = MTA : une nouvelle technique de transmission

Autor(en): **Duverney, Patrice**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **71 (1993)**

Heft 4

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875493>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Übersicht über die neue Übermittlungstechnik ATM* MTA, une nouvelle technique de transmission*

Patrice DUVERNEY, Zürich

1 Einleitung

Den Auslöser der Überlegungen für neue Übertragungskonzepte bildet zweifelsohne der immer wachsende Bedarf an Breitbandkommunikation [2]. Videokonferenzen lassen sich bei Bitraten von etwa 2 Mbit/s übertragen, in regionalen und lokalen Netzen (Metropolitan und Local Area Networks, MAN bzw. LAN) kommunizieren heutzutage Workstations und Hosts mit Bitraten bis über 100 Mbit/s. Weitere Anwendungen wie Computer Aided Design (CAD), bei denen Datenmengen von mehreren Megabytes ausgetauscht werden, oder Picture Archiving and Communication System (PACS), mit Zugriffen auf Röntgenbilderdatenbanken, erfordern nicht nur hohe Übertragungskapazitäten, sondern auch sehr kurze Antwortzeiten, die einen Echtzeitdialog ermöglichen sollen.

Die Natur des Verkehrs wirkt sich bei diesen neuen Diensten unterschiedlich aus: Während Sprachübertragung einen kontinuierlichen Datenfluss («Stream»-Verkehr) erzeugt, lassen sich bei LAN-LAN- oder MAN-MAN-Kopplungen die Informationen paketweise transportieren («Burst»-Verkehr). Diese Merkmale werden für einige Dienste in *Figur 1* zusammengefasst.

Zieht man dazu die heute üblichen, schmalbandigen Anwendungen in Betracht, fällt die Vielfältigkeit der Anforderungen sofort auf, die ein modernes Netz erfüllen soll. Dies führt zur nächsten Frage: Ist es möglich, ein einheitliches Konzept zu definieren, das alle Anwendungen mit deren Besonderheiten unterstützen kann, oder wird es unterschiedliche Netze für entsprechend unterschiedliche Dienste geben? Die Antwort gibt uns das Comité consultatif international télégraphique et téléphonique (CCITT) in seiner Empfehlung I.121:

ATM is the Target Solution for Implementing a B-ISDN

(ATM ist die für den Einsatz von Breitband-ISDN anzustrebende Lösung).

2 Von STM nach ATM

Weshalb erfüllt ein auf einem synchronen Übertragungsmodus (Synchronous Transfer Modus, STM) beruhendes Netz die künftigen Anforderungen nicht?

* Abkürzungen, Glossar und Bibliographie siehe Anhang Seite 238.

1 Introduction

Les réflexions présidant à l'élaboration du concept d'un nouveau système de transmission s'appuient presque toujours sur les besoins en communication à large bande [2]. La visioconférence est possible à partir d'un débit binaire d'environ 2 Mbit/s, les réseaux métropolitains et locaux (MAN et LAN) font communiquer serveurs et stations de travail à plus de 100 Mbit/s. Des applications informatiques telles que la conception assistée par ordinateur (CAO) – qui peut demander des transferts de blocs de données de plusieurs mégaoctets – ou les serveurs d'images PACS (Picture Archiving and Communication System) – donnant accès à des banques d'images radiologiques – demandent non seulement de grandes capacités de transmission, mais aussi des temps de réponse très rapides qui permettent le dialogue en temps réel.

Les nouveaux services doivent traiter le trafic de façon différenciée: alors que la transmission de la parole demande un flux de données continu, les liaisons LAN-LAN ou MAN-MAN permettent d'acheminer les données par paquets. La *figure 1* illustre les caractéristiques de différents services.

Si l'on prend également en considération les services à bande étroite utilisés couramment aujourd'hui, la multiplicité des spécifications auxquelles un réseau moderne doit satisfaire est alors manifeste. Dans ces conditions, est-il possible de définir une conception qui tienne compte des particularités d'un large éventail d'applications, ou faut-il offrir plusieurs types de réseaux pour autant de services différents? La réponse est contenue dans la Recommandation I.121 du Comité consultatif international télégraphique et téléphonique (CCITT):

ATM is the Target Solution for Implementing a B-ISDN

(La solution MTA doit être privilégiée pour la mise en place du RNIS à large bande.)

2 Du MTS au MTA

Pourquoi un réseau fondé sur le mode de transfert synchrone (MTS) ne pourrait-il plus satisfaire aux exigences futures?

* Abréviations, glossaire et bibliographie voir appendice page 238.

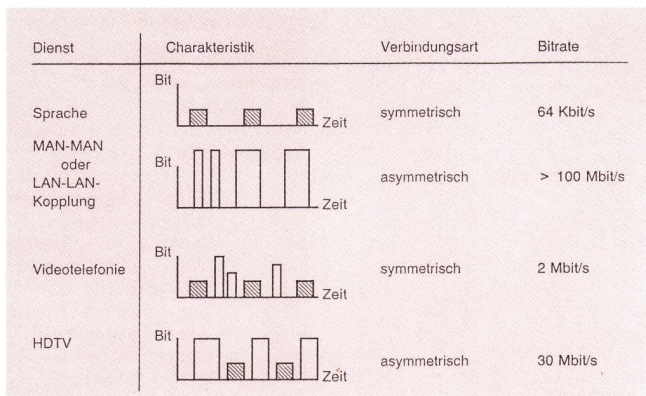


Fig. 1 Charakteristiken einiger Dienste – Caractéristiques de quelques services

HDTV	High Definition Television – Hochauflösendes Fernsehen – Télévision haute définition
MAN	Metropolitan Area Network – Regionalnetz – Réseau métropolitain
LAN	Local Area Network – Lokales Netz – Réseau local d'entreprise
	Sprachinformationen – Transmission de la parole
	Dateninformationen – Transmission de données

Um diese Frage zu beantworten, ist STM anhand des Beispiels des bekannten 2,048-Mbit/s-Systems zu betrachten (PCM 30, Fig. 2a). Eine solche Übertragung ist in Rahmen organisiert, die ihrerseits 32 Transporteinheiten (Kanäle oder Zeitschlitze) von der Größe 8 bit, nummeriert von 0 bis 31, enthalten. Zwei davon, 0 und 16, sind für besondere Zwecke reserviert, die restlichen 30 stehen zur Übertragung der digitalen Sprach- oder Dateninformationen zur Verfügung. Diese Rahmenstruktur wiederholt sich alle 125 μ s, was einer Bitrate von 8 bit/125 μ s oder 64 kbit/s je Kanal (insgesamt 2 Mbit/s) entspricht. Das Netz teilt für die Dauer einer Verbindung Kanäle zu, die fest reserviert sind, unabhängig davon, ob Daten gesendet werden oder nicht. Diese Zeitschlitze sind durch ihre Lage im synchronen Rahmen implizit identifiziert (Kanal Nr. 0...31). Beim Verbindungsaufbau werden an den verschiedenen Durchschaltewerten Tabellen initialisiert, die die Kanalnummer «ankommend» mit der Kanalnummer «abgehend» logisch verknüpfen. Die Zeitschlitze aus dem ankommenden Rahmen werden extrahiert und mit Hilfe der Tabellenlogik in den entsprechenden Kanal des abgehenden Rahmens eingespeist, ohne dabei den Inhalt zu berücksichtigen (Fig. 2a).

Vorteile der STM-Technik:

- Die volle Kapazität von 64 kbit/s steht bis zur Auslösung der Verbindung voll zur Verfügung (diese Eigenschaft kommt besonders den Diensten mit kontinuierlicher Bitrate zugute).
- Kleine Zugangszeiten, die ankommenden Daten werden sofort weitergesendet.
- Das Verwalten der Übertragungsmittel stellt keine besonderen Probleme dar (zum Beispiel keine dynamische Änderung der zugeteilten Kapazität).

Nachteile:

- Schlechte Ausnutzung der Netzbetriebsmittel bei veränderlichen Bitraten.

Pour répondre à cette question, observons le fonctionnement de MTS par l'exemple d'un système à 2,048 Mbit/s, PCM 30 (fig. 2a). Ce type de transmission est organisé en trames, qui comprennent 32 unités de transport (canaux ou créneaux temporels) de 8 bits chacune, numérotées de 0 à 31. Les unités 0 et 16 sont réservées à un usage particulier, et les trente autres servent à la transmission numérique de la parole ou des données. Cette structure tramée se répète toutes les 125 μ s, ce qui correspond à un débit binaire de 8 bit/125 μ s ou 64 kbit/s par canal, soit 2 Mbit/s au total. Pendant toute la durée d'une communication, le réseau met à disposition des canaux à réservation fixe, que des données soient transmises ou non. Ces créneaux temporels sont identifiés implicitement par leur position dans la trame synchrone (canaux 0 à 31). Au moment de l'établissement de la communication des tableaux assurant la liaison logique entre le numéro de canal entrant et le numéro de canal sortant sont initialisés aux différents points de transfert. Les créneaux temporels de la trame entrante en sont extraits pour être acheminés à l'aide du tableau logique vers les canaux sortants qui leur sont alloués, indépendamment du contenu de ces créneaux (fig. 2a).

Avantages de la technique MTS:

- La capacité globale de 64 kbit/s reste entièrement disponible jusqu'à la fin de la communication, ce qui est particulièrement intéressant pour les services à débit binaire continu.
- Les temps d'accès sont courts, et les données entrantes sont réacheminées immédiatement.
- La gestion des moyens de transmission ne pose aucun problème particulier (pas de variation dynamique de la capacité attribuée).

Inconvénients:

- L'utilisation des ressources du réseau n'est pas optimale avec des débits binaires variables.
- La granularité est faible (ne fonctionne pas avec tous les débits binaires).
- Le multiplexage est soumis à certaines limites (les trames synchrones ne peuvent être combinées qu'à certaines conditions).

Eu égard à ces particularités, un système mieux à même d'accepter des caractéristiques de transmission très variables allant de la parole à la transmission de données à haute vitesse devait être mis au point. Le nouveau mode de transfert doit satisfaire à toutes les hautes exigences imposées au réseau, tant au point de vue de son universalité (intégration optimale de tous les services) que de sa souplesse (interopérabilité avec les systèmes existants). La solution se nomme MTA (mode de transfert asynchrone, en anglais ATM).

Ce que ce procédé apporte de nouveau, ce sont ses qualités asynchrones (son «asynchronisme»): il n'est fait appel au réseau que lorsque des données doivent être transmises. La transmission MTA apparaît comme une étape intermédiaire entre l'attribution statique des canaux prévue par le MTS et une conception dynamique du transfert, où la capacité de transmission peut être adaptée aux besoins des utilisateurs.

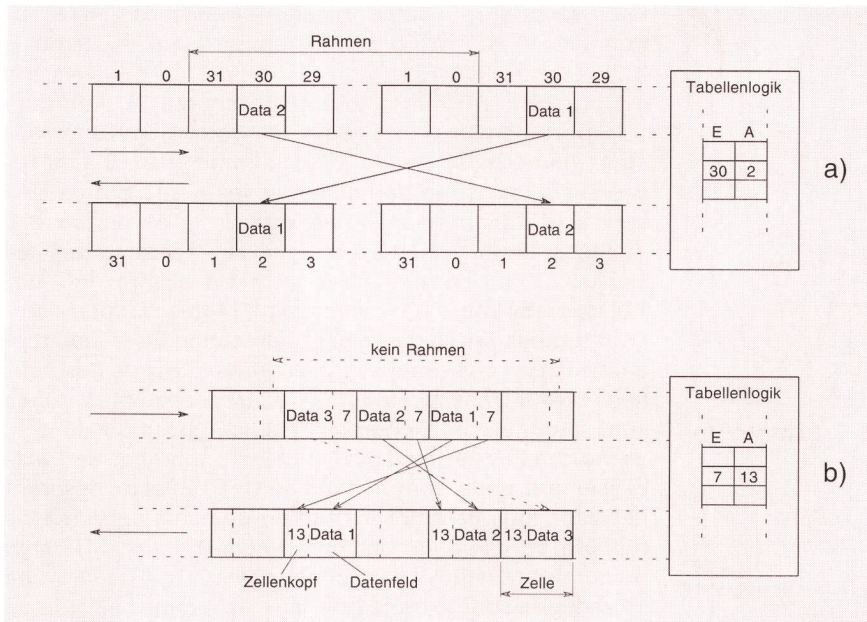


Fig. 2 Vergleich ATM-STM – Comparaison MTA/MTS

- a) STM-Charakteristiken – Caractéristiques de MTS
 b) ATM-Charakteristiken – Caractéristiques de MTA
- ATM Asynchronous Transfer Mode – Mode de transfert asynchrone
 STM Synchronous Transfer Mode – Mode de transfert synchrone
 E Eingangsreferenz – Référence d'entrée
 A Ausgangsreferenz – Référence de sortie

- Kleine «Granularität» (nicht jede Bitrate wird unterstützt).
- Einschränkungen beim Multiplexieren (die synchronen Rahmen sind nur beschränkt kombinierbar).

Aus diesen Überlegungen wurde nach einer geeigneteren Übertragungstechnik gesucht, die alle Arten von Diensten, von Sprache bis Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung, mit deren zum Teil sehr unterschiedlichen Charakteristiken, unterstützen sollte. Der neue Transfermodus sollte die ans Netz gestellten hohen Anforderungen an Universalität (optimale Unterstützung aller Dienste) und Flexibilität (Zusammenarbeit mit bereits bestehenden Systemen) erfüllen. Die Lösung zu diesem Problem heisst ATM (Asynchronous Transfer Mode), auf deutsch «asynchrones Übermittlungsverfahren».

Die neue Idee hinter diesem Verfahren ist seine asynchrone Eigenschaft («Asynchronität»): Es wird von den Transportmitteln nur dann Gebrauch gemacht, wenn Daten übermittelt werden sollen. ATM entspricht einem Übergang von der statischen Kanalzuordnung gemäss STM zu einem dynamischen Konzept, bei dem die Übertragungskapazität an die Bedürfnisse der Anwender angepasst wird.

Figur 2b zeigt eine auf der ATM-Technik beruhende Übertragungsstrecke. Diese kann als ununterbrochener Fluss unabhängiger Transporteinheiten beschrieben werden, die nicht nur Nutzdaten, sondern auch eine virtuelle Zieladresse mit sich tragen. Die feste Kanalnummerzuordnung (STM) ist durch virtuelle Referenzen (ATM) ersetzt worden, die an dem Durchschaltewert logisch verknüpft werden. Dieses viel flexiblere Konzept erlaubt einem Anwender, mehrere aufeinanderfolgende Transporteinheiten (Zellen) für sich zu benutzen.

Vorteile der ATM-Technik:

- Jede Bitrate lässt sich als Zusammensetzung mehrerer Zellen erreichen, und zwar bis zur maximalen, auf der Übertragungstrecke zur Verfügung stehenden Bitrate [7, 8].

La figure 2b montre un tronçon de transmission faisant appel au mode de transfert asynchrone. Les unités de transport sont acheminées en un flux ininterrompu, contenant non seulement les données utiles, mais aussi une adresse virtuelle. L'attribution de numéros de canaux fixes de MTS est remplacée dans MTA par un système de références virtuelles établissant des liens logiques aux points de transfert. Ce procédé beaucoup plus souple permet à l'utilisateur de se servir de plusieurs unités de transport consécutives (cellules) en cas de besoin.

Avantages de la technique MTA:

- Tous les débits binaires peuvent être atteints en regroupant plusieurs cellules, jusqu'à concurrence du débit maximal disponible sur le tronçon de transmission [7, 8].
- Meilleure utilisation des ressources du réseau grâce à la répartition dynamique de la capacité de transmission (multiplexage statistique).

Inconvénients:

- Perte de temps au moment de l'assemblage et du désassemblage des paquets (décomposition des blocs de données et remplissage des cellules à l'émission, reconstitution des paquets de données à la réception).
- Dispositifs supplémentaires nécessaires pour les services à débit binaire continu, MTA étant comme son nom l'indique asynchrone.

Le principe du mode de transfert asynchrone est schématisé à la figure 3. Les données émises sont désassemblées puis placées dans la partie information des cellules, et l'adresse virtuelle y est adjointe avant que les cellules soient acheminées. Elles sont transférées à destination en fonction de leur adresse, et le paquet de données initial est finalement reconstitué.

- Bessere Ausnutzung der Netzressourcen dank der dynamischen Aufteilung der Übertragungskapazität (statistisches Multiplexen).

Nachteile:

- Zeitverlust wegen Paketierung/Depaketierung (Zerlegung der Datenblöcke und Auffüllung der Zellen auf der Sendeseite, Wiederaufbau des Datenpaketes auf der Empfangsseite).
- Die benötigten zusätzlichen Mechanismen für die Unterstützung der Dienste mit kontinuierlicher Bitrate (ATM ist asynchron).

Das Prinzip von ATM ist aus *Figur 3* ersichtlich. Die ankommenden Daten werden zerlegt und in den Informationsteil der Zellen eingepackt, die Zieladresse hinzugefügt und die Zellen losgeschickt. Die Zellen werden aufgrund der mitgelieferten Adresse zum Ziel durchgeschaltet; dort wird das ursprüngliche Datenpaket wieder zusammengestellt.

Anhand dieser Figur kann man einige wichtige Eigenschaften von ATM ableiten:

- Die Zellen besitzen eine feste Länge.
- Der Zellenstrom auf der Übertragungsstrecke ist lück-

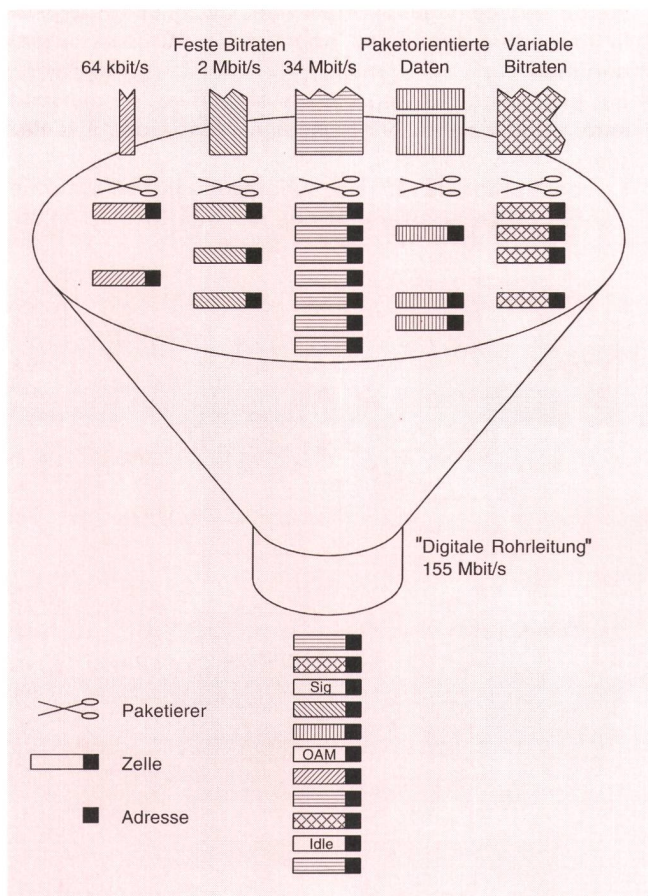


Fig. 3 ATM-Funktionsprinzip – Prinzip de fonctionnement

Sig	Signalisierungsinformationen – Information de signalisation
OAM	Operation and Maintenance (Betrieb und Wartung) – Exploitation et maintenance
Idle	Idle Cell (Leerzelle) – Cellule vide

Cette figure illustre certaines propriétés du système MTA les plus importantes:

- Les cellules ont une longueur définie.
- Le flux des cellules est ininterrompu sur le tronçon de transmission, et des cellules vides (idle cells) sont insérées si nécessaire pour garantir la continuité du flux.
- Une cellule peut transporter indifféremment des données d'utilisateur, de signalisation ou d'exploitation et de maintenance (OAM, Operation and Maintenance). Aucune cellule spéciale n'est réservée pour des besoins particuliers, à intervalles réguliers, comme c'est le cas par exemple dans la technique PCM 30 avec le canal 16 destiné à la signalisation.
- Aucune structure de trame n'est prévue pour le flux de cellules MTS. Avec les interfaces dépendant de la hiérarchie numérique synchrone SDH (Synchronous Digital Hierarchy) [8], les cellules sont rassemblées dans une structure superordonnée (containers) avant leur envoi.

Pour toutes les raisons exposées, on peut déduire que le mode de transfert asynchrone est à même de satisfaire aux exigences qui lui sont imposées.

3 Particularités de MTA

Le format des cellules a été déterminé en 1989 par le CCITT (*fig. 4*). Une cellule MTA est composée, d'une part, d'un en-tête (header) contenant les informations nécessaires à l'identification de la cellule et, d'autre part, d'un champ d'information (information field) contenant les données utiles. L'en-tête de la cellule comprend lui-même quatre champs:

Le champ d'identification virtuelle du faisceau et du canal (Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier, VPI/VCI)

Le champ d'adressage à deux niveaux contient des références virtuelles pour l'acheminement de la cellule dans le réseau (*fig. 5*). Il s'agit de références locales et non pas d'adresses valables pour l'ensemble du réseau.

Le champ du contrôle du flux de données (Generic Flow Control, GFC)

Le paramètre GFC, implémenté uniquement à l'interface usager-réseau, sert à la surveillance du flux de données de l'utilisateur vers le réseau [9].

Le champ du type de charge et de l'indication de priorité (Payload Type/Cell Loss Priority, PT/CLP)

Les paramètres PT et CLP désignent le type de charge (données OAM, données d'utilisateur, etc.) et le degré de priorité de la cellule en cas de perte. CLP permet au réseau de déterminer l'importance des données en présence de cellules défectueuses.

Le champ de détection des erreurs d'en-tête (Header Error Control, HEC)

Le champ HEC sert à protéger les informations contenues dans l'en-tête de la cellule. Lors de l'envoi d'une cellule, un algorithme est appliqué aux octets 1 à 4 et son résultat indiqué dans l'octet 5. A la réception le même principe est appliqué pour comparer la valeur reçue avec la valeur calculée. Des mesures adéquates sont prises en cas de non-concordance.

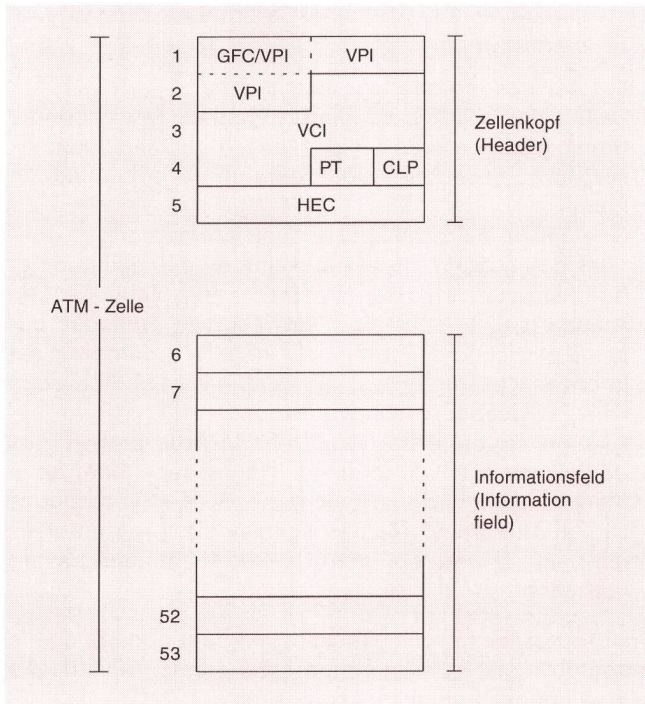


Fig. 4 Zellenformat – Format des cellules

GFC	Generic Flow Control – Datenflusssteuerung – Contrôle du flux de données
VPI	Virtual Path Identifier – Virtuelle Bündelidentifikation – Identification virtuelle du faisceau
VCI	Virtual Channel Identifier – Virtuelle Kanalidentifikation – Identification virtuelle du canal
PT	Payload Type – Datentyp – Type de charge
CLP	Cell Loss Priority – Zellenpriorität bei Verlusten – Indication de priorité des cellules en cas de perte
HEC	Header Error Control – Fehlererkennung im Zellenkopf – Détection des erreurs d'en-tête

- kenlos. Leere Zellen (Idle Cells) werden, wo nötig, eingefügt, um einen kontinuierlichen Fluss zu erreichen.
- Eine Zelle transportiert ohne Unterschied Benutzer-, Signalisierungs- oder Betriebs- und Wartungsdaten (Operation and Maintenance, OAM). Es werden keine «Spezialzellen» in regelmässigen Abständen für besondere Zwecke reserviert, wie zum Beispiel in der PCM-30-Technik der Kanal 16 für die Signalisierung.
 - Im ATM-Zellenfluss selber ist keine Rahmenstruktur vorgesehen. Bei den auf der synchronen digitalen Hierarchie (Synchronous Digital Hierarchy, SDH, [8]) beruhenden Schnittstellen werden aber die Zellen vor dem Senden in einer übergeordneten Struktur (Container) verpackt.

Aus diesen Grundüberlegungen lässt sich schliessen, dass ATM die Voraussetzungen mit sich bringt, die gestellten Forderungen zu erfüllen.

3 ATM-Eigenschaften

Wie sieht die Einführung von ATM aus? 1989 hat das CCITT das Zellenformat festgelegt (Fig. 4). Eine ATM-Zelle besteht aus zwei Teilen, nämlich einem Zellenkopf (Header), der die zur Identifizierung der Zelle benötigten Informationen trägt, und einem Informationsfeld (Information Field), das die eigentlichen Nutzdaten transportiert.

Pour simplifier, on peut désigner les unités VP et VC comme faisceau virtuel et canal virtuel: un faisceau (VP) comprend plusieurs canaux (VC).

A l'arrivée de la cellule au point de transfert, deux cas peuvent se présenter:

- Si le faisceau est acheminé sans modification (commutation VP), tous ses canaux sont transférés en bloc sans qu'il soit tenu compte de leurs valeurs VCI qui restent ainsi inchangées (fig. 5a: VP1/VC4 vers VP2/VC4).
- Si le faisceau se termine au point de transfert (termination VP, commutation VP/VC), le tableau logique (S) donne une nouvelle combinaison VP/VC pour l'acheminement vers la sortie (fig. 5b: VP3/VC1 vers VP4/VC3).

La division de l'adressage en deux champs, permettant le groupement de liaisons différentes, présente certains avantages à savoir:

- La suppression des différences de durée de transport due à des routages différents de liaisons partielles (p. ex. image et son pour les transmissions multimédia). A cet effet, on regroupe tous les canaux VC d'une liaison en un seul faisceau virtuel VP; de cette façon le synchronisme peut être garanti.
- Le regroupement de toutes les liaisons de même qualité de service (Quality of Service, QoS). Le routage et la procédure font ainsi appel à un faisceau virtuel commun.
- La possibilité de répartition simplifiée en liaisons semi-permanentes (VP, faisceaux) et liaisons à la demande (VC, canaux).
- La constitution de réseaux superposés [6]: ce système permet de créer aisément des réseaux virtuels en ré-

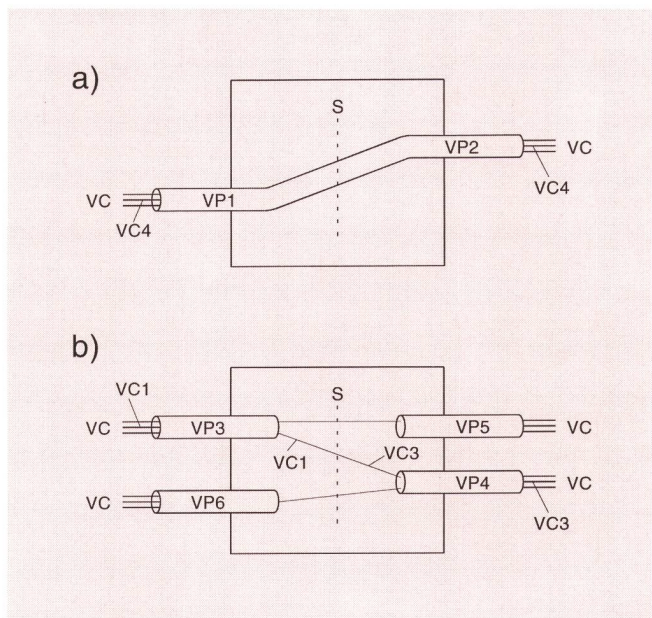


Fig. 5 VP und VC-Schaltung – Commutation VP et VC

a)	VP-Schaltung – Commutation VP
b)	VP/VC-Schaltung – Commutation VP/VC
VP	Virtual Path – Virtuelles Bündel – Faisceau virtuel
VC	Virtual Channel – Virtueller Kanal – Canal virtuel
S	Switching (Umsetzung der Referenz) – Commutation (transfert de la référence)

tiert. Im Zellenkopf unterscheidet man zwischen vier Feldern:

Virtuelle Bündel- und Kanalidentifikation (Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier, VPI/VCI)

Das zweistufige Adressierungsfeld enthält virtuelle Referenzen zur Lenkung der Zelle im Netz (Fig. 5). Es handelt sich um lokale Referenzen mit abschnittsweiser Bedeutung (keine auf das globale Netz bezogenen Adressen).

Datenflusssteuerung (Generic Flow Control, GFC)

Der GFC-Parameter ist ausschliesslich an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle vorhanden und dient zur Überwachung des Datenflusses vom Anwender in Richtung Teilnehmernetz [9].

Datentyp- und Prioritätsangabe (Payload Type/Cell Loss Priority, PT/CLP)

Die Parameter PT und CLP bezeichnen den Datentyp (OAM-Daten, Benutzerdaten usw.) bzw. die Prioritätsstufe der Zelle. Das letztere erlaubt dem Netz, bei Zellenverlust zwischen wichtigen und weniger wichtigen Daten zu unterscheiden.

Fehlererkennung im Zellenkopf (Header Error Control, HEC)

Das HEC-Feld dient dazu, die Informationen des Zellenkopfes zu schützen. Beim Senden einer Zelle wird auf Byte 1 bis 4 ein Algorithmus angewendet und dessen Ergebnis in Byte 5 gespeichert. Auf der Empfangsseite wird nach dem gleichen Prinzip der empfangene mit dem berechneten Wert verglichen. Bei Nichtübereinstimmung werden entsprechende Massnahmen eingeleitet.

Die Einheiten VP und VC können als «virtuelles Bündel» bzw. «virtueller Kanal» schematisch dargestellt werden: ein Bündel (VP) fasst mehrere Kanäle (VC) zusammen.

Bei Ankunft einer Zelle im Durchschaltepunkt treten zwei Fälle auf:

- Geht das Bündel unangetastet weiter (VP-switching), werden alle dazugehörigen Kanäle bündelweise durchgeschaltet, ohne ihre jeweiligen VCI-Werte dabei zu berücksichtigen (Fig. 5a: VP1/VC4 geht nach VP2/VC4).
- Findet das Bündel an diesem Punkt sein Ende (VP termination, VP/VC-switching), liefert die Tabellenlogik (S) eine neue VP/VC-Kombination für die Ausgangsrichtung (Fig. 5b: VP3/VC1 geht nach VP4/VC3).

Die Aufspaltung der Adressierung in zwei Felder ermöglicht eine Gruppierung verschiedener Verbindungen mit folgenden Vorteilen:

- Vermeidung von Laufzeitdifferenzen, die durch unterschiedliche Wege für die Teilverbindungen entstehen könnten (z.B. Sprache und Bild bei Multimedia-Übertragungen). Dazu verpackt man alle virtuellen Kanäle VC eines Rufes in *einem* virtuellen Bündel VP. Auf diese Weise wird die Synchronität zwischen den verschiedenen Medien aufrechterhalten.
- Gruppierung aller Verbindungen mit gleicher Dienstqualität (Quality of Service, QoS). Wegesuche und Verfahren beruhen dann auf dem gemeinsamen virtuellen Bündel.

servant certains VP à des usages particuliers (signalisation, gestion de réseau, etc.). Bien que séparés logiquement du réseau de transport des informations utilisateur, ces réseaux virtuels appartiennent au même réseau global. L'avantage de ce système est de répartir les applications au niveau VP (couche MTA, voir [4] et [6]).

Autre particularité importante: le mode de transfert asynchrone repose sur le principe de la commutation de circuits. La signalisation ou le centre de gestion de réseau devront donc rendre possible l'établissement d'une liaison constituée de plusieurs tronçons partiels entre les correspondants avant que des informations, et donc des cellules, soient échangées.

4 Transfert de cellules

Le transfert des cellules MTA constitue une part importante du procédé. Il s'agit de joindre aux cellules entrantes les nouvelles informations d'en-tête et de les acheminer vers la bonne sortie. A priori simple, cette opération voit néanmoins affluer des cellules à un débit de 155 Mbit/s, cellules qu'il s'agit de lire puis de décomposer avant de les réacheminer. Un tel procédé de transfert n'est possible qu'avec du matériel rapide, et ne peut se réaliser que dans les meilleures conditions de faisabilité technologique et de coûts.

L'élément de commutation SE (Switching Element), qui constitue l'unité principale du réseau de commutation SN (Switching Network), est intégré dans une puce (fig. 6). Pour des raisons d'ordre technique, cet élément ne peut avoir qu'une taille définie. Il est aujourd'hui possible d'utiliser une disposition 16×8 , mais une grandeur de 32×16 est envisagée à l'avenir pour l'élément de couplage. La combinaison de plusieurs éléments permet de créer une unité matérielle sous la forme d'un module SM (Switching Module). Les modules courants fondés sur une grille de 64×64 constituent autant d'unités de base du réseau de commutation, qui regroupe plusieurs SM et est extensible de façon modulaire.

Le réseau de commutation a deux fonctions importantes:

Transfert des cellules

Le transfert des cellules constitue la fonction principale du réseau de commutation. Il s'agit en l'occurrence d'analyser les informations contenues dans l'en-tête des cellules entrantes, de fournir de nouvelles informations à ces cellules et de les acheminer vers leur port de sortie. Deux cas peuvent se présenter:

Dans le premier cas, lorsque le transfert est commandé par tableau (fig. 7a), chaque module commuté possède son propre tableau logique sous forme de mémoire de transfert. A toutes les étapes de la commutation, la même opération est répétée pour chaque cellule: analyse de la combinaison VPI/VCI (A ou C), inscription dans les cellules sortantes (C ou B) puis acheminement de celles-ci à leur port de sortie (m ou n). Ce procédé a certains inconvénients, principalement la forte mise à contribution du matériel, mais aussi le fait que tous les tableaux logiques doivent être réinitialisés à chaque éta-

- Einfache Unterteilung in semi-permanente Verbindungen (VP, Bündel) und Verbindungen nach Bedarf (VC, Kanal).
- Bildung von Overlaynetzen [6]: virtuelle Netze können mit diesem Konzept sehr einfach gebildet werden, indem bestimmte VP für besondere Zwecke (Signalisierung, Verwaltungsnetz Anwendungen usw.) reserviert werden. Dieses virtuelle Netz ist vom Transportnetz für Anwenderinformation zwar logisch getrennt, physikalisch gehören beide zum gleichen, einheitlichen Netz. Ein Vorteil dieses Konzeptes ist, dass die Anwendungen auf der VP-Stufe verteilt werden (ATM-Layer, siehe [4] und [6]).

Als weiteres Merkmal kann man erwähnen, dass ATM auf dem Prinzip der Leitungsvermittlung beruht. Aufgabe der Signalisierung oder eines Netzverwaltungszentrums wird es sein, den ganzen, aus mehreren Teilstrecken bestehenden Verbindungsweg zwischen den korrespondierenden Endbenutzern aufzubauen, bevor Informationen (Zellen) ausgetauscht werden können.

4 Zellendurchschaltung

Eine nicht zu unterschätzende Aufgabe ist die Durchschaltung der ATM-Zellen. Sie besteht darin, die ankommenden Zellen mit den neuen Kopfinformationen zu versorgen und zum richtigen Ausgang zu führen. Dies hört sich einfach an, man überlege aber, dass die Zellen mit einer Bitrate von 155 Mbit/s eintreffen und dass sie zuerst eingelesen und zerlegt werden müssen, bevor sie weitergesendet werden. Diese Durchschaltung ist demnach nur mit schneller Hardware möglich. Wichtige Randbedingungen sind dabei die Machbarkeit (Technologie) und die Kostengünstigkeit.

Das Vermittlungselement SE (Switching Element) bildet die Grundlage des Vermittlungsnetzwerkes SN (Switching Network) und wird in einem Chip integriert (Fig. 6). Aus Technologiegründen kann dieses Element nicht beliebig gross werden. Derzeit ist eine 16×8 -Anordnung möglich, angestrebt wird aber ein 32×16 -Koppelement. Durch Kombination der Elemente lässt sich ein Modul SM (Switching Module) als Hardwareeinheit herstellen. Typische Module sind als 64×64 -Matrix strukturiert und bilden die Basiseinheit des Vermittlungsnetzwerkes, das mehrere SM zusammenfasst und modular erweiterbar ist.

Ein Vermittlungsnetzwerk hat zwei wichtige Aufgaben zu erfüllen:

Zellen durchschalten

Dies ist eigentlich die Hauptaufgabe. Sie besteht darin, die im Kopf der ankommenden Zelle enthaltenen Informationen auszuwerten, die Zelle mit den neuen Informationen zu versorgen und zum entsprechenden Ausgangsport zu führen. Zwei Hauptkonzepte stehen sich in diesem Falle gegenüber:

Im ersten (tabellengesteuert, Fig. 7a) geht man davon aus, dass jedes Vermittlungsmodul eine eigene Tabellenlogik (Translation Memory) enthält. In jeder Stufe der Vermittlung wird die gleiche Operation einmal je Zelle

blissement d'une communication et à chaque réacheminement.

La seconde possibilité, fondée sur l'autoroutage (fig. 7b), nécessite une seule mémoire de transfert, qui peut, par exemple, être intégrée au module du circuit d'utilisateur (Subscriber Line Module, SLM) ou au module du faisceau (Trunk Module, TM, cf. chapitre 5). Dans ce cas le module contient toutes les informations nécessaires au transfert des cellules par le biais des différents modules de commutation SM, soit la combinaison de sortie VPI/VCI (B) ainsi qu'un port de sortie par SM (m et n). Avantages de ce système: le matériel est relativement peu sollicité et, pour l'établissement d'une communication ou le réacheminement, un seul tableau logique doit être actualisé. Toutefois la cellule MTA d'origine reçoit une nouvelle partie d'en-tête (n, m) et le débit interne du système doit être augmenté en conséquence.

Mémorisation des cellules

Cette opération est nécessaire pour éviter de perdre des cellules au cas où plusieurs d'entre elles sont dirigées au même moment vers le même port de sortie. Les trois procédés de mémorisation les plus courants sont présentés à la figure 8. Avec la mémoire d'entrée (fig. 8a), les cellules sont mémorisées avant d'être transférées; à

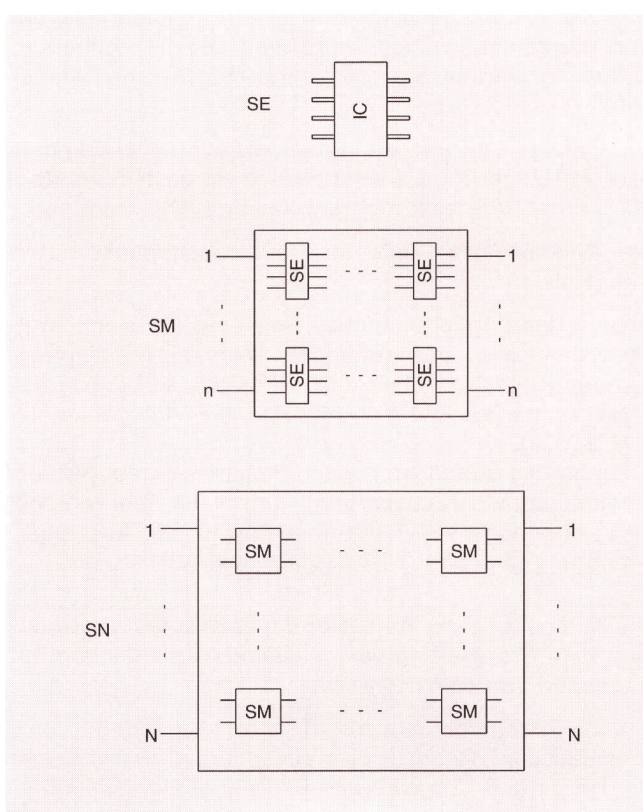


Fig. 6 Aufbau eines Vermittlungsnetzwerkes (Switching Network) – Structure d'un réseau de commutation

Switching	–	Vermittlung – Commutation
SE		Switching Element – Élément de commutation
SM		Switching Module – Module de commutation
SN		Switching Network – Réseau de commutation
IC		Integrated Circuit – Circuit intégré

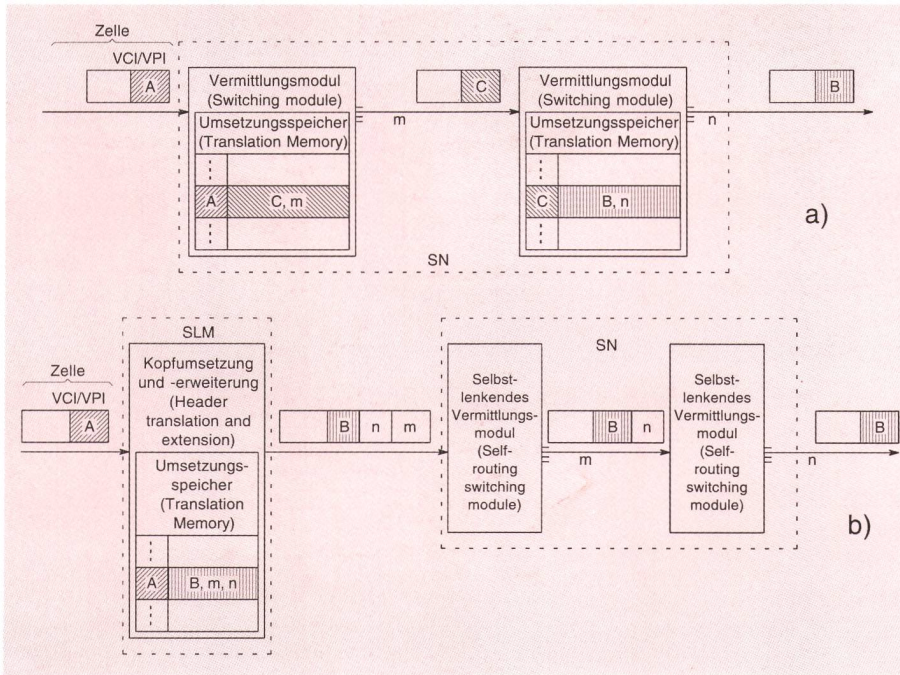


Fig. 7 Vermittlungstechniken – Techniques de commutation

- a) Tabellengesteuert – Transfert commandé par tableau
- b) Selbstlenkend – Transfert par autoroutage

VPI	Virtual Path Identifier – Identification virtuelle du faisceau
VCI	Virtual Channel Identifier – Identification virtuelle du canal
A, B, C	Virtuelle Referenzen (VPI/VCI) – Références virtuelles (VPI/VCI)
m, n	Leitungsnummer – Numéro de circuit
SN	Switching Network – Réseau de commutation
SLM	Subscriber Line Module – Teilnehmerleitungsmodul – Module du circuit d'utilisateur

durchgeführt: ankommende VPI/VCI-Kombination (A bzw. C) auswerten, abgehende (C bzw. B) einschreiben und die Zelle zum Ausgangsport (m bzw. n) führen. Als Hauptnachteile gelten hier einerseits der grössere Hardwareaufwand, andererseits die Tatsache, dass beim Verbindungsaufbau oder bei Umleitung alle Tabellen initialisiert werden müssen.

Eine zweite Möglichkeit (selbstlenkend, Fig. 7b) sieht einen einzigen Umsetzungspeicher vor, der zum Beispiel im Teilnehmerleitungsmodul (Subscriber Line Module, SLM) oder im Bündelmodul (Trunk Module, TM, vgl. Kapitel 5) vorgesehen wird. In diesem Falle enthält das Bündelmodul alle Informationen, die zur Zellobermittlung durch die verschiedenen Vermittlungsmodule SM benötigt werden: die Ausgangskombination VPI/VCI (B) und eine Ausgangsnummer je SM (m und n). Neben dem kleineren Hardwareaufwand braucht man bei Verbindungsaufbau oder Umleitung in diesem Falle nur eine einzige Tabelle zu aktualisieren. Als Konsequenz muss aber die ursprüngliche ATM-Zelle um einen weiteren Headerteil (n, m) erweitert und die systeminterne Bitrate entsprechend erhöht werden.

Zellen speichern

Dies ist erforderlich, um Zellenverluste zu vermeiden, falls mehrere Zellen den gleichen Ausgang ansteuern. Die drei am meisten erwähnten Speichertechniken sind in Figur 8 zusammengefasst. Beim Eingangsspeicherkonzept (Fig. 8a) werden die Zellen zuerst gespeichert und dann durchgeschaltet, umgekehrt in Figur 8b (Ausgangsspeicher). Beim Zentralspeicherkonzept hingegen (Fig. 8c) gelangen alle Zellen in einen gemeinsamen Speicher. Es wird nicht mehr für jede Leitung, sondern zentral gepuffert.

Vorteile dieser letzteren Technik sind kleinere Speicher und eine günstigere Ausführung (kleinere Chipfläche, geringer Leistungsverlust).

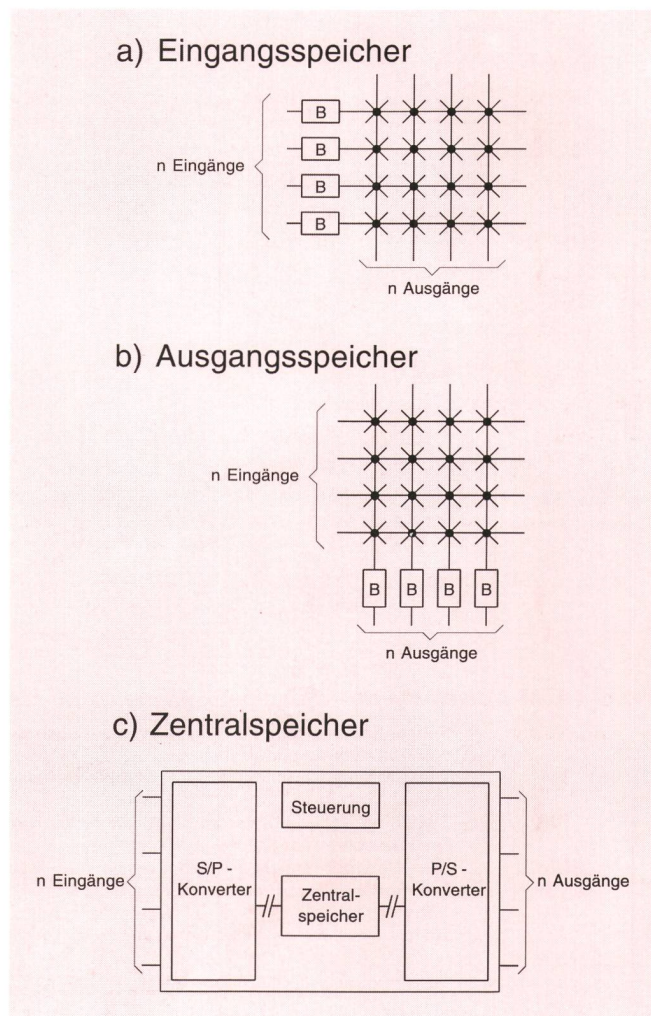


Fig. 8 Speichertechniken – Techniques de mémorisation

B	Buffer – Speicher – Mémoire
S/P	Seriell/Parallel – Série/parallèle
P/S	Parallel/Seriell – Parallèle/série

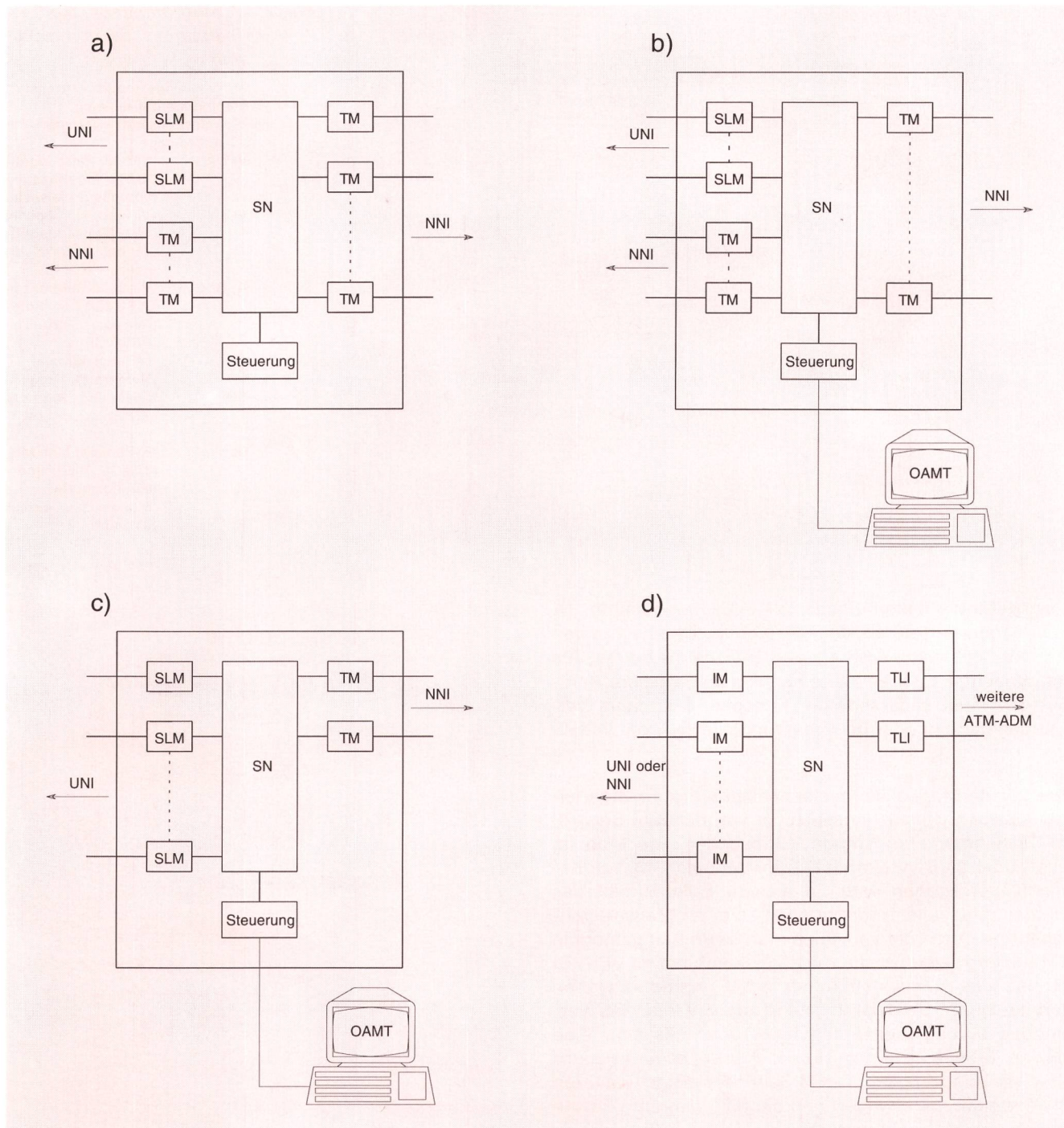


Fig. 9 ATM-Netzelemente – Principaux éléments du réseau

SLM	Subscriber Line Module – Teilnehmerleitungsmodul – Module de circuit d'utilisateur	TLI	Transmission Line Interface – Übertragungsleitungs-Schnittstelle – Interface du circuit de transmission
TM	Trunk Module – Bündelmodul – Module de faisceau	IM	Interface Module – Schnittstellenmodul – Module d'interface
SN	Switching Network – Vermittlungsnetzwerk – Réseau de commutation	OAM	Operation and Maintenance Terminal – Betriebs- und Wartungsterminal – Terminal d'exploitation et de maintenance
UNI	User Network Interface – Schnittstelle zum Teilnehmernetz – Interface du réseau d'utilisateur		
NNI	Network Node Interface – Netzknotenschnittstelle – Interface du nœud de réseau		

5 Die wichtigsten Netzelemente

Einige der für die ATM-Übertragung wichtigen Netzelemente sind unten angeführt (Fig. 9). Ein Anwendungsbeispiel mit Kombinationen dieser Elemente ist in Fig. 10 enthalten.

l'opposé, la mémoire de sortie (fig. 8b) se fonde sur l'opération inverse. Enfin le procédé de mémoire centrale (fig. 8c) regroupe toutes les cellules dans une mémoire commune, plutôt que de mémoriser séparément pour chacune des lignes.

ATM-Switch (ATM-SW, Fig. 9a)

Seine Hauptaufgabe besteht in der dynamischen Abwicklung von Verbindungen. Darunter zu verstehen sind Verbindungsauf- und -abbau (einschl. VPI/VCI-Vergabe), Behandlung von Signalisierung und der damit verbundenen Überwachungsaufgaben. Die Hauptkomponenten des ATM-Switches sind die Teilnehmerleitungsmodule, die die Schnittstelle zum Teilnehmer bilden, die Bündelmodule als Interface einerseits zum ATM-Multiplexer oder ATM-Cross-Connect auf Benützerseite und andererseits zu weiteren Switches oder Cross-Connects auf Netzseite, das Koppelnetz (SN), das die Zellendurchschaltung durchführt und die Steuerungs- und Überwachungseinheit (Control). Der typische Einsatz des ATM-Switches ist der Lokalvermittler.

ATM-Cross-Connect (ATM-CC, Fig. 9b)

Der ATM-Cross-Connect behandelt ATM-Festverbindungen und ist über eine Wartungsschnittstelle steuerbar. Seine Hauptkomponenten sind identisch mit denen des ATM-Switch, bis auf die Kontrolleinheit, die nur noch Überwachungsaufgaben durchführt und eine Schnittstelle zum OAM-Terminal anbietet. Typische Einsatzfälle sind Mietleitungen (Festverbindungen), Transitknoten im Zwischenamtsbereich und abgesetzte Einheit im Teilnehmerzugangnetz.

Principale Qualität von dieser letzten Technik: sie benötigt die wenigsten Speicher und ist vorteilhafter als die anderen (weniger große Chip-Oberfläche, weniger Leistungswaste).

5 Principaux éléments du réseau

Ci-après sont présentés schématiquement quelques-uns des principaux éléments du réseau en ce qui concerne la transmission MTA (fig. 9). La figure 10 illustre un exemple de configuration fondée sur la combinaison de certains de ces éléments.

Commutateur MTA (ATM Switch/SW)

Cet élément assure le déroulement dynamique des liaisons, soit l'établissement et la libération des communications (y compris l'attribution VPI/VCI) ainsi que le traitement de la signalisation et des tâches de surveillance qui y sont liées (fig. 9a). Le commutateur MTA se compose notamment des modules de circuit d'utilisateur, constituant l'interface utilisateur, des modules de faisceau comme interfaces entre le multiplexeur MTA ou le MTA côté utilisateur, d'une part, et, d'autre part, des commutateurs ou des brasseurs côté réseau. On y trouve également le réseau de couplage (SN) affecté au transfert des cellules, ainsi que l'unité de commande et de sur-

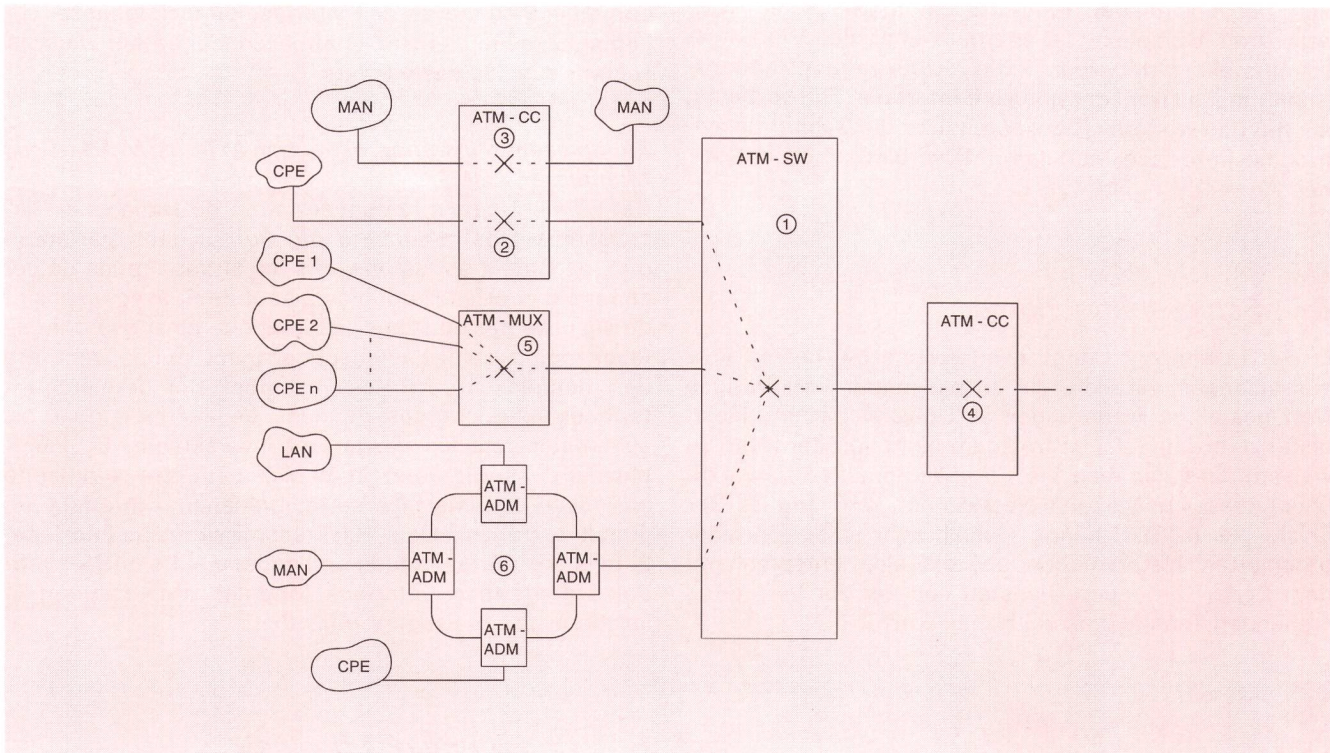


Fig. 10 Konfigurationsbeispiel – Exemple de configuration

ATM-SW	ATM-Switch – Commutateur MTA	②	ATM-CC im Teilnehmerzugangnetz – ATM CC dans le réseau d'accès des usagers
ATM-CC	ATM-Cross-Connect – Brasseur MTA	③	ATM-CC als Mietleitungsanschluss – ATM CC en tant que raccordement
ATM-MUX	ATM-Multiplexer – Multiplexeur MTA	④	ATM-CC im Transitbereich – ATM CC dans la zone de transit
ATM-ADM	ATM-Add-Drop-Multiplexer – Multiplexeur d'insertion/extraction MTA	⑤	ATM-MUX im Teilnehmerzugangnetz – ATM MUX dans le réseau d'accès des abonnés
CPE	Customer Premises Equipment – Equipement d'utilisateur	⑥	ATM-ADM-Ring im Teilnehmerzugangnetz – Anneau ATM ADM dans le réseau d'accès des abonnés
LAN	Local Area Network – Réseau local d'entreprise		
MAN	Metropolitan Area Network – Réseau métropolitain		
①	ATM-SW als Lokalvermittler – ATM SW en tant que commutateur local		

ATM-Multiplexer (ATM-MUX, Fig. 9c)

Der ATM-Multiplexer ist der echte Konzentrador der ATM-Welt. Im Gegensatz zum STM-Multiplexer, der eine reine Multiplexierungsfunktion besitzt (z. B. $n \times 2$ -Mbit/s-Leitungen auf $1 \times 2n$ -Mbit/s-Leitung zusammenfassen), konzentriert er durch Ausblenden der ATM-Leerzellen die Übertragungskapazität auf das Nötige. Man rechnet allgemein mit einem Konzentrationsfaktor von 5:1 bis 10:1, was bedeutet, dass man bis zu zehn ankommende 155-Mbit/s-Leitungen auf eine einzige abgehende 155-Mbit/s-Leitung führen kann. Der ATM-Multiplexer ist ähnlich wie der ATM-Cross-Connect über eine Wartungsschnittstelle steuerbar. Die Hauptkomponenten sind identisch mit jenen des ATM-Cross-Connect. Sein typischer Einsatzfall ist der Konzentrador im Teilnehmerzugangsbereich.

ATM-Add-Drop-Multiplexer (ATM-ADM, Fig. 9d)

Seine Funktion ist die weitere Verkehrskonzentration sowie die Erhöhung der Sicherheit. Er ist Knotenpunkt eines Ringes und besitzt doppelte Hochgeschwindigkeitsschnittstellen (mit automatischer Rückwärtsschlaufen-Schutzschaltung) zu den anderen Knoten des Ringes und langsamere Schnittstellen zu dessen Anwendern (z.B. ATM-Multiplexern). Durch diese letzteren Leitungen werden Zellen aus dem Ringfluss extrahiert und zu den Anwendern geführt bzw. von den Anwendern übernommen und in den Ringfluss eingespeist. Der ATM-Add-Drop-Multiplexer ist ebenfalls über eine Wartungsschnittstelle steuerbar. Die Übertragungsleitungsschnittstelle (Transmission Line Interface, TLI) verbindet ihn mit den weiteren Ringknoten, und die Schnittstellenmodule (Interface Modules, IM) verbinden ihn mit seinen Anwendern (Fig. 10).

6 Schlussbetrachtung

Das ATM-Konzept bringt zweifelsohne die besten Voraussetzungen mit sich, die an ein modernes künftiges Netz gestellten Forderungen an Universalität und Flexibilität zu erfüllen. Es ist trotzdem nicht von der Hand zu weisen, dass der Weg bis zur vollkommenen Verwirklichung dieses universalen Netzes noch sehr lang ist. Der Erfolg des B-ISDN hängt deshalb sehr stark von einer optimierten Netzevolution ab, die sich entsprechend dem Bedarf an neuen Diensten und der zur Verfügung stehenden Technologie vollziehen wird.

veillance (Control). On emploie généralement le commutateur MTA en tant que commutateur local.

Brasseur MTA (ATM Cross Connect/CC)

Le brasseur MTA affecté aux liaisons MTA fixes peut être commandé par le biais de l'interface de maintenance (fig. 9b). Ses éléments principaux sont les mêmes que ceux du commutateur MTA, à l'exception de l'unité de contrôle qui effectue uniquement des tâches de surveillance et qui est dotée d'une interface vers le terminal OAM. On emploie principalement le brasseur MTA pour les circuits loués (liaisons fixes) ou en tant que nœud de transit dans le secteur intercentral et comme unité distante dans le réseau d'accès des usagers.

Multiplexeur MTA (ATM MUX)

Le multiplexeur MTA joue un grand rôle en tant que concentrateur dans la transmission temporelle asynchrone (fig. 9c). Alors que le multiplexeur MTS assure uniquement le multiplexage (p. ex. regroupement de n lignes à 2 Mbit/s en une ligne à $2n$ Mbit/s), le multiplexeur MTA concentre au maximum le volume à transmettre par extraction des cellules MTA vides. Généralement un facteur de concentration de 5:1 à 10:1 peut être atteint, ce qui permet de concentrer de 5 à 10 lignes à 155 Mbit/s entrantes sur une seule ligne à 155 Mbit/s sortante. A l'instar du brasseur MTA qui a les mêmes composantes principales, le multiplexeur MTA peut être commandé au moyen de l'interface de maintenance. On l'emploie généralement comme concentrateur dans le secteur d'accès des usagers.

Multiplexeur d'insertion/extraction MTA (ATM Add-Drop Multiplexer/ADM)

Cet élément sert à la concentration du trafic et à l'accroissement de la sécurité (fig. 9d). En tant que nœud d'un anneau, il est équipé vers les autres nœuds de cet anneau d'interfaces doubles à haut débit avec dispositif de sécurité par bouclage automatique ainsi que d'interfaces moins rapides vers leurs usagers, qui peuvent être des multiplexeurs MTA par exemple. Ces dernières interfaces extraient des données de l'anneau pour les acheminer vers les usagers et inversement. Le multiplexeur d'insertion/extraction MTA peut être commandé au moyen de l'interface de maintenance. L'interface du circuit de transmission (TLI, Transmission Line Interface) le relie aux autres nœuds de l'anneau alors que les modules d'interface (Interface Modules, IM) assurent la liaison avec ses usagers (fig. 10).

6 Considérations finales

Le mode de transmission asynchrone réunit sans aucun doute les conditions idéales pour satisfaire aux exigences d'universalité et de souplesse auxquelles doit répondre un réseau tourné vers le futur. Il ne faudrait néanmoins pas oublier que le réseau universel de l'avenir en est encore au stade du projet. Le succès du RNIS à large bande dépend donc dans une large mesure d'un concept évolutif optimal du réseau qui tienne compte aussi bien des besoins futurs en nouveaux services que des ressources technologiques de pointe disponibles.

Zusammenfassung

Übersicht über die neue Übermittlungstechnik ATM

Wozu eine neue Übermittlungstechnik? Diese Frage wird im Zusammenhang mit dem Thema Breitband-ISDN öfters gestellt. In diesem Artikel wird zuerst auf die Gründe für die Einführung eines neuen Transfermodus eingegangen sowie dessen Hauptmerkmale und Funktionen beschrieben. Im zweiten Teil wird dem Leser ein Einblick in die Verwirklichung vermittelt, wie sie nach dem Stand der Technik heute möglich ist.

Résumé

MTA, une nouvelle technique de transmission

A l'heure où le RNIS à large bande s'impose comme un thème à la mode, la question de l'utilité d'une nouvelle technique de transmission peut se poser. Cet article s'attache aux raisons de l'introduction d'une nouvelle technologie de transfert, et met en lumière les caractéristiques principales ainsi que les fonctions du mode de transfert asynchrone. La seconde partie de l'article donne au lecteur un aperçu de la mise en application de ce système en l'état actuel de la technique.

Riassunto

Panoramica della nuova tecnica di trasmissione ATM

Perché una nuova tecnica di trasmissione? Spesso questa domanda viene posta in relazione al tema «rete ISDN a larga banda». Nella prima parte l'autore spiega i motivi che hanno portato a introdurre un nuovo modo di trasferimento e ne descrive le funzioni e le caratteristiche principali. Nella seconda parte egli informa il lettore sulla realizzazione di tale tecnica in base alle conoscenze attuali.

Summary

Review on the New Transmission Technology ATM

Why a new transmission technology? This question is often asked in connection with the subject of broad band ISDN. First of all the author shows the reasons for the introduction of a new transfer method and also describes its main characteristics and functions. In the second part the author conveys to the reader an insight into the implementation as is possible according to the state of the art today.

Die nächste Nummer bringt unter anderem:

Vous pourrez lire dans le prochain numéro:

Potrete leggere nel prossimo numero:

5/93

- | | |
|--|---|
| Balmer U. | Technische Grundforderungen für Kabelnetze
Prescriptions techniques pour les réseaux de câbles |
| Johner R. | Elektronische Post und lösungsorientierte Anwendungen |
| Fenner D.,
Wenger A. | Ascom Brigit – die Familiengeschichte |
| Cochet F.,
Lenardic B.,
Leuenberger B. | Fibres à dispersion décalée – Etude de la fabrication par MCVD
Dispersionsverschobene Fasern – Untersuchung der Herstellung mit dem MCVD-Verfahren |