

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 60 (1982)

Heft: 1

Artikel: Datenpaketvermittlung : Voraussetzungen und Grundlagen = Commutation de données par paquets : conditions et principes fondamentaux

Autor: Schaeren, Max

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876139>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 11.05.2025

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

Commutation de données par paquets: Conditions et principes fondamentaux

Max SCHÄEREN, Bern

621.391.3.037.37:621.391.31.06:681.327.8::681.32

Zusammenfassung. Die moderne Datenübertragung — im Sinne von Informationsaustausch zwischen Maschinen — hat sich in den letzten Jahren von einfachsten Formen zu sehr umfangreichen und komplexen Netzwerken entwickelt. Internationale Normierungsgremien arbeiten gegenwärtig an universell anwendbaren Regeln und Schnittstelleneempfehlungen zur Gestaltung hersteller- und anwenderunabhängiger, offener Datensysteme. Die Paketvermittlungstechnik folgt diesen Regeln und ist geeignet, öffentliche Datenübermittlungsdienste zu schaffen. Die öffentlichen Dienste können als zweckmässiges und kostengünstiges Datentransportmittel vielfältig eingesetzt werden.

Résumé. Conçue initialement sous une forme très simple, la transmission de données — au sens d'échange d'informations entre machines — s'est développée au cours de ces dernières années en une configuration de réseaux très étendus et complexes. Des comités internationaux de normalisation élaborent actuellement des règles universelles et des recommandations s'appliquant aux interfaces en vue de la réalisation de systèmes de données ouverts, indépendants des fabricants et des applications visées. La technique de commutation par paquets qui obéit à ces règles permet de créer des services publics de transmission d'informations pouvant être mis à contribution de manières très diverses comme moyen de transport de données approprié et économique.

Premesse e criteri fondamentali per la commutazione a pacchetto di dati

Riassunto. La trasmissione dei dati moderna, intesa come scambio di informazioni fra diversi impianti, negli ultimi anni ha subito una grande evoluzione, cosicché disponiamo attualmente di reti molto estese e complesse. Organi internazionali incaricati della normalizzazione stanno elaborando ora regolamentazioni e raccomandazioni applicabili universalmente per la strutturazione dei sistemi di dati aperti, indipendenti dai fornitori e dagli utenti. La tecnica della commutazione a pacchetto dei dati si basa su queste regole ed è adatta a creare servizi pubblici per la trasmissione dei dati. I servizi pubblici possono essere utilizzati in modo molteplice come mezzo di trasmissione dei dati pratico ed economico.

1 Einführung

Lange bevor es *Thomas Watson* am 10. März 1876 gelang, die Stimme seines Meisters mit Hilfe des Telefons zu hören, tauschten die Menschen Information in Form verschiedenartigster Zeichengebung aus. Den Höhenfeuern, Flaggenstellungen, Lichtimpulsfolgen oder Folgen elektrischer Impulse wurden bestimmte Bedeutungen zugeordnet, die dem Sender und dem Empfänger bekannt sein mussten ... am Anfang war also die Datenübertragung.

Heute versteht man unter Datenübertragung meist in etwas engerem Sinne den Informationsaustausch zwischen Maschinen, ohne dass ein Mensch die Verständlichkeit und Plausibilität der Information unmittelbar überprüfen und beurteilen kann. Angepasst an die «Dummheit» der Maschinen müssen dabei die Nachrichten aus elementaren Ja/Nein-Aussagen zusammengefügt werden.

Zu Beginn der modernen Datenübertragung in diesem engeren Sinne — das war, als die elektronische Datenverarbeitung die menschliche Gesellschaft zu beeinflussen begann — stand bereits ein weltweites, eng vermaschtes Netz von Leitungen im Dienste der Telefonie. Es ist deshalb nicht weiter verwunderlich, dass diese vorhandenen Leitungen auch für die Übertragung von Daten ausgenutzt wurden. Es war dazu nur eine kleine Schwierigkeit zu überwinden: die beschränkte Bandbreite eines Telefonkanals ist nicht geeignet, Folgen von Gleichstromsignalen zu übertragen. Deshalb wurden Geräte entwickelt, die die digitalen Datensignale durch Modulation einer Trägerfrequenz in Tonsignale umwandeln, deren Spektrum den Möglichkeiten des Telefonkanals entspricht. Mit Hilfe dieser Geräte — als Mo-

1 Introduction

Bien avant le 10 mars 1876, date à laquelle *Thomas Watson* parvint à entendre la voix de son maître transmise à l'aide du téléphone, les hommes échangeaient déjà des informations sous des formes très diverses. Les feux d'altitude, les positions de drapeaux, les trains de signaux lumineux ou les séries précises que non seulement l'expéditeur, mais aussi le destinataire devaient connaître: ce fut la première forme de transmission des données.

Aujourd'hui, par transmission de données, on entend, dans un sens généralement plus restreint, l'échange d'informations entre machines, sans que l'être humain puisse ni en contrôler ni en analyser instantanément l'intelligibilité et la plausibilité. Vu l'intelligence très limitée des machines, les renseignements échangés ne peuvent être constitués que d'une suite de «oui/non» élémentaires.

Au début de la transmission de données moderne proprement dite, — c'était à l'époque où le traitement électronique des données commença à influencer la société — on disposait déjà d'un réseau de lignes mondial, aux mailles étroites, qui servait à la téléphonie. Rien d'étonnant dès lors que ces lignes fussent mises à profit pour la transmission de données. Une seule difficulté se présentait: la largeur de bande limitée d'une voie téléphonique ne permettait pas de transmettre des séries de signaux en courant continu. C'est pourquoi on développa des appareils chargés de convertir les signaux de données numériques en signaux acoustiques par modulation d'une voie téléphonique. A l'aide de cet appareil — le modem —, il est devenu possible d'acheminer des données par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique

dem bekannt — können Daten über eine beliebige festgeschaltete oder im Wählnetz aufgebaute Telefonverbindung übertragen werden. Die erreichbaren Übertragungs-Bitraten sind allerdings beschränkt, wobei die Grenzen nicht ganz scharf gezogen werden können. Sie liegen für Telefon-Wählverbindungen bei 4800 bit/s und für festgeschaltete Verbindungen bei 9600 bit/s [1, 2, 3].

2 Bisherige Fernmeldemittel für Datenübertragung

Die PTT-Betriebe stellen heute geeignete Modems für die Datenübertragung über das Telefonwählnetz zur Verfügung. Die Benutzer haben mit einem Telefonapparat eine normale Telefonverbindung aufzubauen und können anschliessend die Modems an diese Verbindung anschalten. Damit steht eine transparente Verbindung für digitale Datensignale zur Verfügung, allerdings mit einer für Telefonie ausgelegten Übertragungsqualität und zu den normalen Taxen für ein Telefongespräch. Diese Eigenschaften genügen in vielen Anwendungsfällen; zum Beispiel dort, wo nur einmal täglich der Inhalt einer Magnetbandkassette zum Rechenzentrum zu übertragen ist oder wo wöchentlich die Unterlagen für die Lohnauszahlung vom Rechenzentrum zum Drucker der Zweigstelle übermittelt werden.

Sobald lange Verbindungsaufbauzeiten nicht in Kauf genommen werden können oder die Verbindung häufig und lange benötigt wird, drängt sich eine eigene, festgeschaltete und dauernd verfügbare Verbindung auf. Die PTT vermieten deshalb Leitungen. Der Benutzer kann geeignete Modems, die seinen individuellen Bedürfnissen entsprechen, selber beschaffen und unterhalten. Die Preise für solche Mietleitungen sind so festgelegt, dass sie von einer bestimmten monatlichen Benützungszeit an billiger werden als Wählverbindungen, unabhängig von der Zeit, während der tatsächlich Daten übermittelt werden. Dieser Umstand führte sehr früh dazu, dass die Benutzer und ihre Lieferanten der Datenverarbeitungsanlagen Mittel und Wege suchten, die gemieteten Leitungen optimal auszunützen.

3 Private Datennetze

In den Anfangszeiten der Datenverarbeitung waren die Rechneranlagen teuer. Der einmal vorhandene Rechner musste bestmöglichst ausgenutzt werden. Der Rechner des Hauptsitzes, primär beispielsweise für die zentrale Buchhaltung angeschafft, konnte auch die Lohnabrechnung für den entfernten Zweigbetrieb durchführen. Die dazu erforderlichen Daten wurden zum Beispiel in Form von Magnetbändern mit Kurier transportiert oder bald einmal über Fernmeldeverbindungen elektrisch übertragen. Die Daten der verschiedenen Filialbetriebe wurden zu einer günstigen Zeit, etwa während der Nacht, unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Übertragung (Batch-Betrieb) verarbeitet. Für die elektrische Übertragung waren Wählverbindungen über das Telefonnetz oder bei grösseren Datenmengen Mietleitungen das geeignete Mittel.

Rasch ging aber die Entwicklung weiter. Die in den schneller gewordenen Rechnern vorhandene Intelligenz und Speicherkapazität konnte ausgenutzt werden, um mit einfachen, billigen Peripheriegeräten die Daten nä-

quelconque établie à demeure, ou par l'entremise du réseau commuté. Cependant, même si elles ne sont pas marquées de manière très nette, les limites du débit de transmission sont restreintes puisqu'elles se situent à 4800 bit/s pour les liaisons commutées et à 9600 bit/s pour les lignes point à point [1, 2, 3].

2 Moyens disponibles jusqu'ici pour la transmission de données

Actuellement, les PTT mettent à la disposition des usagers des modems adaptés à la transmission de données par le biais du réseau téléphonique commuté. Les utilisateurs établissent une communication téléphonique normale au moyen d'un appareil téléphonique, puis branchent le modem. Ils disposent ainsi d'une liaison transparente pour l'acheminement des signaux de données numériques, cependant avec une qualité de transmission propre à la téléphonie et aux tarifs habituels de conversation téléphonique. Dans de nombreux cas, ces conditions sont néanmoins suffisantes; par exemple, là où le contenu d'une cassette magnétique doit être transféré une fois par jour à un centre de calcul, ou encore si les informations nécessaires au paiement des salaires doivent être acheminées toutes les semaines du centre de calcul à l'imprimante d'une succursale.

Dès qu'une période prolongée nécessaire à l'établissement de communications ne peut entrer en considération, ou que des liaisons doivent être établies souvent et pendant de longues durées, une ligne téléphonique individuelle, connectée à demeure et disponible en tout temps, s'impose. A cet effet, les PTT offrent des lignes louées. L'utilisateur peut se procurer et entretenir un modem approprié qui répond à ses besoins. Les prix des lignes louées ont été fixés de manière qu'à partir d'une certaine durée mensuelle d'utilisation, elles deviennent meilleur marché que les liaisons commutées, sans que le temps effectif de transmission des données soit pris en considération. Aussi les utilisateurs et les fournisseurs d'équipements de traitement des données s'ingénierent-ils très tôt déjà à tirer profit de manière optimale des lignes louées.

3 Réseaux de données privés

Au début du traitement des données, les ordinateurs étaient chers. De ce fait, on devait les mettre au mieux à contribution. L'ordinateur du siège principal, prévu par exemple pour la comptabilité centrale, devait également effectuer les décomptes de salaires pour les succursales. Les données nécessaires à cette fin étaient souvent transportées par courrier sous forme de bandes magnétiques puis, plus tard, par une ligne de télécommunication. Les informations provenant des différentes filiales étaient traitées à un moment favorable, par exemple pendant la nuit, indépendamment de l'heure où elles avaient été transmises (traitement par lot). La transmission électrique était assurée par le réseau téléphonique commuté ou, pour les quantités importantes de données, par des lignes louées.

Le développement évolua rapidement. L'intelligence et la capacité de mémorisation qu'offrirent bientôt des ordinateurs devenus toujours plus rapides furent mises à profit et les données purent être saisies et entrées im-

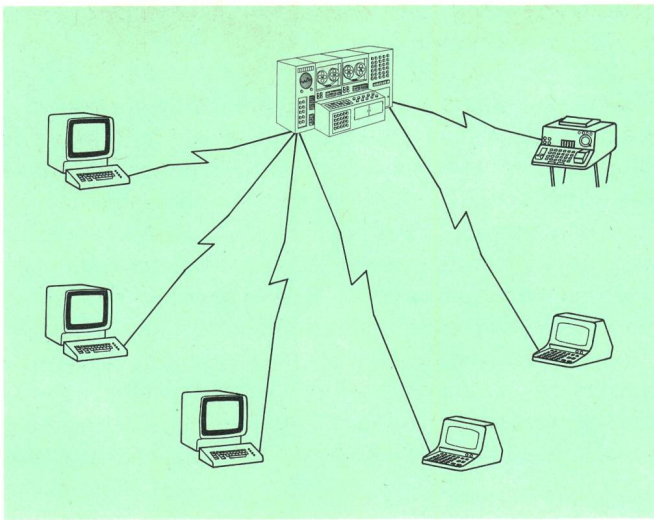


Fig. 1
Time-Sharing-Netz mit abgesetzten Terminals — Réseau opérant en temps partagé, avec terminaux éloignés

her beim Ort, wo sie tatsächlich anfielen, zu erfassen und sofort in den Rechner einzugeben. Die Resultate der Verarbeitung konnten ebenso rasch wieder dort ausgegeben werden, wo sie benötigt wurden. Die Rechner waren aber nur wirklich ausgelastet, wenn die Verarbeitungskapazität vielen Peripheriegeräten scheinbar gleichzeitig zur Verfügung stand. Es entstanden sogenannte «Time sharing»- und Dialogsysteme, die dem Terminalbediener erlauben, direkt (in Echtzeit) mit dem Rechner zu «sprechen» und diesem Aufgaben zur unmittelbaren Ausführung zu übergeben. Heute ist eine grosse Zahl solcher Systeme, auch mit geografisch abgesetzten Terminals, für vielfältige Anwendungen in Betrieb (Fig. 1).

Terminals und Rechner gehören aber, obschon sie unter Umständen weit voneinander entfernt sind, untrennbar zusammen. Der Rechner, als «Wirt» (Host), beherbergt die Intelligenz der Terminals und teilt ihnen seine Arbeitskapazität auf ausgesprochen hierarchisch autoritäre Weise zu.

Das Dialogverfahren ist kritisch bezüglich der Antwortverzögerungszeiten. Telefon-Wählverbindungen mit ihren langen Verbindungsaufbauzeiten sind hier wenig geeignet. Mietleitungen sind dagegen verhältnismässig teuer, wenn man die je Zeiteinheit tatsächlich übertragene Datenmenge zwischen einem bestimmten Terminal und dem Rechner berücksichtigt. Die logische Folge besteht darin, mehrere oder viele Peripheriegeräte an ein und dieselbe Leitung anzuschliessen und den einzelnen Geräten die Übertragungskapazität nur zuzuteilen, wenn sie unmittelbar benötigt wird. Da der Rechner ohnehin seine Terminals verwaltet, ist es naheliegend, ihm auch die Verwaltung der Leitungskapazität zu übertragen. Üblicherweise werden dazu alle Terminals zyklisch durch den Rechner aufgefordert, allfällig vorhandene Daten zu senden. Die Erlaubnis gilt für einen Block mit bestimmter maximaler Länge, um zu verhindern, dass ein einzelnes Gerät die Leitung blockieren kann. Dieses Prinzip ist bekannt unter dem Begriff «Polling».

Damit ist allerdings die Aufgabe der Verwaltung der Leitungen noch nicht erfüllt. Vor allem bei grösseren Netzen sowie dort, wo die täglichen Arbeitsabläufe ganzer Geschäftszweige ohne Mithilfe der Datenfernverar-

mediatement in den Computern, wo sie produziert wurden, am besten und billigsten. De même, les résultats du traitement purent à nouveau être transmis instantanément aux destinataires. Pourtant, les ordinateurs ne pouvaient être mis pleinement à contribution que si la capacité de plusieurs périphériques était disponible de manière apparemment simultanée. C'est ainsi que naquirent les systèmes du «temps partagé» et du dialogue, qui permettent à l'utilisateur d'un terminal de «converser» directement (en temps réel) avec l'ordinateur et de lui transmettre des ordres pour exécution immédiate. Aujourd'hui, ces systèmes, comprenant souvent des terminaux géographiquement éloignés, sont en service en grand nombre pour des applications très diverses (fig. 1).

Bien qu'ils soient souvent distants l'un de l'autre, le terminal et l'ordinateur ne sauraient être dissociés. L'ordinateur (ou hôte) abrite l'intelligence des terminaux et leur transmet sa capacité de travail de manière nettement autoritaire et hiérarchisée.

Le principe du dialogue implique un temps de réponse en différé. Ici, les liaisons téléphoniques commutées sont peu favorables, en raison du temps que requiert l'établissement d'une communication. En outre, les lignes louées sont coûteuses, compte tenu de la quantité effective des données transmises par unité de temps entre un terminal déterminé et l'ordinateur. La solution logique consiste à raccorder de nombreux périphériques à une seule ligne et à n'octroyer la capacité de transmission à un appareil que s'il est utilisé immédiatement. Etant donné que l'ordinateur dirige lui-même ses terminaux, il est donc concevable de lui confier la gestion de la capacité de la ligne. Habituellement, tous les terminaux sont invités cycliquement par l'ordinateur à transmettre leurs données éventuelles. Cette autorisation s'applique à un bloc d'une longueur maximale donnée, ce qui empêche un appareil quelconque de bloquer la ligne. Ce principe est appelé «appel sélectif» ou «polling».

Cependant, cette tâche de gestion des lignes n'est pas complète. Dans les réseaux importants, mais aussi là où les opérations quotidiennes de branches commerciales entières ne sauraient être envisagées sans télétraitement des données, les lignes, les modems, etc. doivent également être surveillés. En cas de défaillance, il faut prévoir des itinéraires de détournement et des circuits de remplacement. Les charges de trafic, le temps de réponse, etc. doivent être mesurés et enregistrés afin que des mesures préventives visant à maintenir la capacité du réseau puissent être prises. Ces tâches sont confiées aujourd'hui à des ordinateurs de télécommunication appelés «processeurs d'entrée-sortie» (front end processor). Ces processeurs se chargent d'assurer d'une manière indépendante l'échange correct et ordonné d'informations avec les terminaux raccordés. Ils sont reliés à l'ordinateur principal par l'intermédiaire d'un «bus» ou voie d'entrée-sortie très performante. Indépendamment des caractéristiques des terminaux raccordés et des lignes utilisées, les données pourvues de l'adresse du terminal destinataire sont transmises par blocs, par l'intermédiaire de ce bus. Les blocs arrivant ou sortant vers divers terminaux se suivent dans un ordre quelconque. Ils sont enregistrés dans la mémoire-

beitung nicht mehr gewährleistet sind, müssen die Leitungen, Modems usw. auch überwacht werden. Es müssen für den Fehlerfall Umkehrmöglichkeiten und Ersatzschaltungen vorgesehen werden. Verkehrsbelastung, Antwortzeiten usw. sind zu messen und anzuzeigen, um präventive Massnahmen zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Netzes treffen zu können. Diese Aufgaben werden heute spezialisierten Telekommunikationsprozessoren, sogenannten Vorrechnern (Front End Processor), übertragen. Die Vorrechner gewährleisten selbständig den geordneten und gesicherten Datenaustausch mit den angeschlossenen Terminals. Über einen leistungsfähigen Ein-/Ausgabebus sind die Vorrechner mit ihrem Computer verbunden. Unabhängig von den Eigenschaften der angeschlossenen Terminals und der

tampon du processeur d'entrée-sortie, d'où ils sont émis à une prochaine occasion.

Une nouvelle phase de développement a commencé il y a quelques années. Pour l'établissement de réseaux de données, les fabricants d'ordinateurs ont mis au point des architectures standardisées et indépendantes du type d'application, dont la caractéristique principale est la séparation stricte entre les fonctions de traitement des données (applications) et les fonctions de commutation des données (transport, télécommunications). Les nouvelles procédures de transmission qui en font partie permettent de mieux profiter des possibilités offertes par les télécommunications. Des familles entières d'appareils, avec logiciels adéquats, sont disponibles, selon

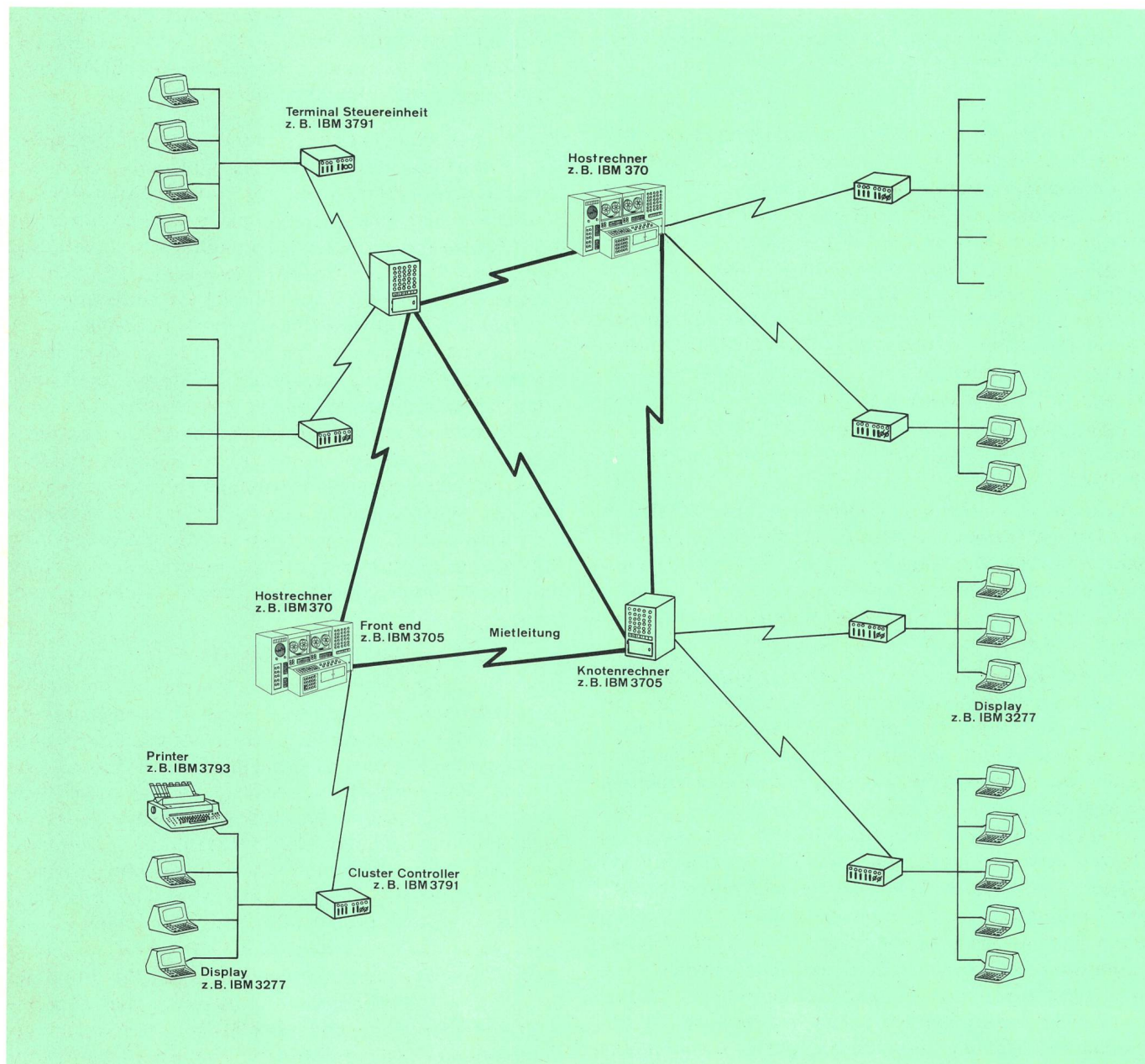


Fig. 2
Privates Datennetz mit Vermittlung, zum Beispiel gemäss Netzarchitektur SNA von IBM — Réseau de données privé avec commutation par exemple selon l'architecture de réseau SNA d'IBM

Terminal-Steuerereinheit, zum Beispiel IBM 3791 — Unité de commande pour terminaux par exemple IBM 3791

Front end, zum Beispiel IBM 3705 — Processeur d'entrée-sortie par exemple IBM 3705

Hostrechner, zum Beispiel IBM 370 — Ordinateur hôte (serveur) par exemple IBM 370

Printer, zum Beispiel IBM 3793 — Imprimante par exemple IBM 3793

Cluster controller, zum Beispiel IBM 3791 — Contrôleur de grappe de terminaux par exemple IBM 3791

Display, zum Beispiel IBM 3277 — Ecran par exemple IBM 3277

Knotenrechner, zum Beispiel IBM 3705 — Ordinateur de nœud de commutation par exemple IBM 3705

Mietleitung — Ligne louée

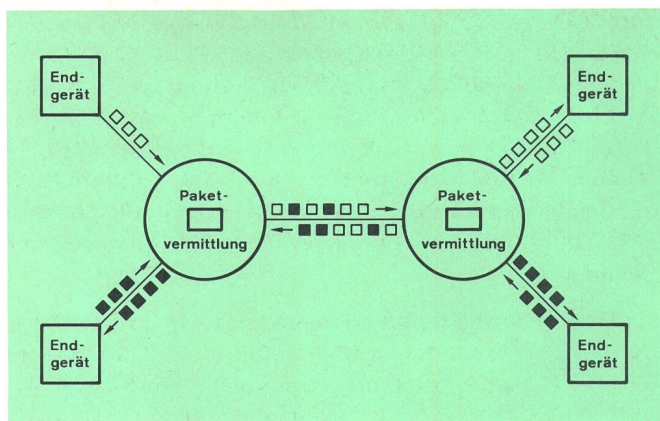


Fig. 3
Dynamische Multiplexierung — Multiplexage dynamique
Paketvermittlung — Commutation des paquets
Endgerät — Terminal

verwendeten Leitungen werden die Daten auf diesem Bus blockweise, versehen mit der Adresse des jeweiligen Terminals, übertragen. Blöcke von und für verschiedene Terminals folgen in beliebiger Reihenfolge aufeinander. Die Blöcke werden im Vorrechner zwischengespeichert und bei nächster Gelegenheit weitergesendet.

Vor einigen Jahren begann eine weitere Entwicklungsstufe. Die Rechnerhersteller entwarfen Standardarchitekturen zum Aufbau von Datennetzen, die unabhängig von einem bestimmten Anwendungstyp sind. Hauptmerkmal dabei ist die strikte Trennung zwischen Datenverarbeitungsfunktionen (Anwendung) und Datenübermittlungsfunktionen (Transport, Telekommunikation). Zugehörige neue Übertragungsprozeduren erlauben eine bessere Ausnutzung der Fernmeldemittel. Ganze Gerätefamilien mit der entsprechenden Software werden gemäss diesen Standardarchitekturen angeboten. Sie sind geeignet, auch sehr grosse Netze und vor allem solche mit mehreren Rechnern zu bauen. Die bisherigen Frontendprozessoren können darin zu eigentlichen, selbständigen Datenvermittlungsstellen werden [4]. *Figur 2* zeigt den typischen Aufbau eines solchen Netzes. Das Konzept SNA (System Network Architecture) der IBM ist die wohl bekannteste solcher firmeneigener Architekturen [5].

Bei der bisherigen Entwicklung der Datenverarbeitung, einschliesslich der Netzarchitekturen, haben die verschiedenen Firmen meistens sorgsam darauf geachtet, dass nur ihre eigenen Geräte (oder wenigstens nur ihnen genehme Fremdprodukte) miteinander kommunizieren konnten. Alle diese Netze sind als «geschlossene Netze» ausgelegt, die ausschliesslich die Kommunikation innerhalb ihrer Grenzen erlauben. Der Benutzer ist keinesfalls frei, irgendein Terminal beliebigen Fabrikates mit seiner Rechneranlage zu verbinden oder seine Rechneranlage mit jener seiner Partnerfirma kommunizieren zu lassen.

Während die geschilderte Entwicklung der Datenfernverarbeitung vor sich ging, haben sich die PTT-Betriebe darauf beschränkt, die geforderten Mietleitungen und Modems für das Telefonwählnetz zur Verfügung zu stellen. Erst in jüngster Zeit wurden Schritte zum Ausbau der PTT-Dienstleistungen unternommen, mit dem Ziel, wieder mehr Anteil im Geschäftsbereich der Datenkommunikation zu gewinnen.

les architectures normalisées. Elles sont également appropriées pour la réalisation de très grands réseaux et surtout de réseaux comptant plusieurs ordinateurs. Les processeurs d'entrée-sortie utilisés jusqu'ici peuvent devenir de véritables centraux de commutation de données indépendantes [4]. La configuration typique d'un tel réseau est indiquée à la *figure 2*. Le «SNA» (System Network Architecture) d'IBM est sans doute le système d'architecture de fabricants le plus connu [5].

Au cours des développements connus jusqu'ici et qui ont porté sur le traitement des données et l'architecture des réseaux, les différents fabricants ont généralement veillé soigneusement à ce que seuls leurs propres appareils (ou les produits agréés d'autres entreprises) puissent communiquer entre eux. Il s'agit là de «réseaux fermés» qui n'autorisent l'intercommunication qu'à l'intérieur de leurs frontières. L'utilisateur ne peut donc pas raccorder le terminal d'un fabricant quelconque à son ordinateur ou faire communiquer ce dernier avec son homologue installé chez un partenaire commercial.

Pendant que le développement du télétraitement des données évoqué plus haut allait bon train, les PTT s'étaient limités à offrir des lignes louées et des modems pour le réseau téléphonique commuté. Ce n'est que ces derniers temps qu'on a entrepris d'étendre les prestations des PTT, avec, comme objectif, de prendre une part plus active dans le domaine de la transmission de données.

4 Technique de commutation par paquets

L'histoire du développement de la technique de commutation par paquets a déjà été décrite plusieurs fois dans des articles thématiques [6, 7], raison pour laquelle elle ne sera plus abordée ici.

Les principes et les idées qui régissent la technique de commutation par paquets coïncident avec ceux qui s'appliquent aux réseaux privés. Effectivement, les réseaux comprenant des équipements de commutation par paquets constituent des systèmes de transfert de données universels et indépendants des applications visées, mais ils sont aussi prévus en tant qu'élément d'architecture de réseaux des fabricants.

La technique de commutation par paquets présente trois caractéristiques importantes:

- utilisation optimale des voies d'acheminement
- débits binaires physiques de transmission individuels
- degré d'immunité très élevé contre les erreurs d'acheminement et la défaillance des canaux de communication

Le central de commutation des paquets reçoit les données par blocs — chaque bloc étant marqué par une identité qui est attribuée à l'adresse du destinataire lors de l'établissement de la communication —, les mémorise momentanément, puis les envoie dès que possible dans la direction désirée, c'est-à-dire dès qu'une capacité de transmission est libérée. Ce principe ne diffère guère de celui de la commutation MIC. Contrairement à la méthode de travail cyclique et synchrone des systèmes MIC, la commutation par paquets s'effectue en mode asynchrone et l'attribution des blocs d'information par une liaison déterminée est représentée par des

4 Paketvermittlungstechnik

Die Entwicklungsgeschichte der Paketvermittlungstechnik wurde in der Fachliteratur schon oft dargestellt [6, 7], weshalb an dieser Stelle nicht nochmals darauf eingegangen wird.

Die der Paketvermittlungstechnik zugrunde liegenden Prinzipien und Überlegungen stimmen mit jenen überein, die vorhin für die privaten Netze geschildert wurden. Tatsächlich stellen die mit Paketvermittlungseinrichtungen aufgebauten Netzwerke anwendungsunabhängige, universelle Datentransportsysteme dar, wie sie auch als Bestandteil der firmeneigenen Netzarchitekturen vorgesehen sind.

Vor allem drei Merkmale zeichnen die Paketvermittlungstechnik aus

- optimale Ausnutzung der Übertragungswege
- inhärente Unabhängigkeit von physikalischen Übertragungsbitraten
- sehr hohe Immunität gegen Übertragungsfehler und Ausfälle von Übertragungswegen

Die Paketvermittlungsstelle empfängt die Daten blockweise — jeder Block mit einer Identität versehen, die beim Verbindungsaufbau einer Empfängeradresse zugeordnet wird —, speichert sie vorübergehend und sendet sie raschmöglichst, das heisst sobald Übertragungskapazität frei ist, in der gewünschten Richtung weiter. Das Vermittlungsprinzip ist nicht viel anders als etwa bei der PCM-Vermittlung. Im Gegensatz zu deren zyklisch synchronen Arbeitsweise geht die Paketvermittlung allerdings asynchron vor sich, und die Zuordnung von Informationsblöcken zu einer bestimmten Verbindung erfolgt durch Adressen statt durch zeitliche Kanallagen. Die Pakete, deren Anfang und Ende durch besonders erkennbare Bitfolgen (flags) markiert sind, werden nach Empfang in eine Warteschlange für die Aussendung in die gewünschte Richtung eingeordnet. Dieses Prinzip bringt zwar eine variable Verzögerung der einzelnen zu einer Verbindung gehörenden Pakete mit sich, die aber durch die Begrenzung der Paketlänge in engen Grenzen gehalten werden kann.

Die wichtigsten Eigenschaften der verwendeten Paketvermittlungssysteme sind in CCITT¹-Empfehlungen wiedergegeben. Die CCITT-Empfehlungen basieren auf dem Prinzip der *virtuellen Verbindungen*. Danach werden mit geeigneten Signalisierungsprozeduren Verbindungen aufgebaut, das heisst die zugeordneten Absender- und Empfängeradressen in den Vermittlungsstellen abgespeichert. Die Zuordnungen bleiben für die Dauer einer Verbindung erhalten, bis diese wiederum mit einer Signalisierungssequenz abgebaut wird. *Virtuell* heisst die Verbindung deshalb, weil ihr keine Übertragungskapazität zugeordnet wird, wie das bei Leitungsvermittlungssystemen der Fall ist. Die gesamte vorhandene Kapazität eines Übertragungsweges wird dynamisch für alle über diesen Weg laufenden Verbindungen benützt. Betrachtet man einen einzelnen Übertragungskanal, so wird man also feststellen, dass sich Pakete verschiedenster Verbindungen unmittelbar folgen. Man spricht auch von «dynamischer Multiplexierung» (Fig. 3).

adressen an lieu de positions de voies réparties dans le temps. Les paquets, dont le début et la fin sont signalés par des séries de bits d'identification ou drapeaux («flags») sont rangés, après réception, dans une file d'attente d'où ils seront envoyés au destinataire. Ce principe entraîne un retard variable des différents paquets composant une liaison, retard qui peut cependant être limité vu les restrictions affectant la longueur des paquets.

Les principales caractéristiques des systèmes utilisés pour la commutation par paquets figurent dans les Avis du CCITT¹ qui se fondent sur le principe des *circuits virtuels*. Les liaisons sont établies avec des procédures de signalisation déterminées, c'est-à-dire que les adresses attribuées à l'expéditeur et au destinataire sont mémorisées dans le central. Ces indications sont conservées jusqu'à ce qu'une séquence de signalisation provoque la libération de la communication. On parle d'un circuit *virtuel*, parce qu'aucune capacité de transmission ne lui est attribuée, comme c'est le cas pour les systèmes de commutation de circuits. La capacité totale d'une voie de transmission est utilisée de manière dynamique pour toutes les liaisons empruntant cette voie. Considère-t-on un canal de transmission individuel, on constate que des paquets de différentes liaisons se suivent immédiatement. Aussi parle-t-on de «multiplexage dynamique» (fig. 3).

Le réseau de lignes est ainsi mis à profit de manière optimale. Cela se comprend si l'on considère que la transmission de données doit toujours s'effectuer de façon structurée (ce qui d'ailleurs n'est pas différent pour une conversation téléphonique!). La répartition du train de données en caractères, en blocs, ou en messages est inévitable, si l'on veut que le récepteur confirme l'arrivée des données. Aucune machine n'enverra des informations sans interruption lui permettant de s'assurer qu'elles sont reçues. Même si les données doivent être acheminées constamment pour une application déterminée, blocs d'informations et pauses se succèdent. Le multiplexage dynamique tire profit de ces interruptions afin d'acheminer pendant ce temps des blocs de données appartenant à d'autres liaisons. Bien entendu, ces pauses sont beaucoup plus longues lorsque les données transmises proviennent d'un système opérant en mode conversationnel et qu'il faut encore tenir compte du temps de réaction humain. Des études ont montré que, pendant qu'elles sont occupées, les lignes de données ne sont utilisées effectivement que pendant une fraction de leur capacité réelle.

Ce facteur élevé de mise à profit de moyens d'acheminement, tel qu'on le trouve dans la technique de commutation par paquets, est particulièrement intéressant là où des distances importantes doivent être franchies. Dans le réseau national de notre petit pays, les économies réalisables ne seront, en revanche, pas très importantes.

Par la mémorisation intermédiaire des paquets au central de commutation, les débits binaires physiques de transmission du côté réception et du côté émission sont indépendants l'un de l'autre. Les «bits» d'un paquet

¹ CCITT = Internationaler beratender Ausschuss für Telegrafie und Telefonie der Internationalen Fernmeldeunion (UIT)

¹ CCITT = Comité Consultatif International Télégraphiques et Téléphonique

Das Leitungsnetz wird auf diese Weise optimal ausgenutzt. Dies wird verständlich, wenn man daran denkt, dass die Datenübertragung ohnehin immer strukturiert erfolgen muss. (Dies ist übrigens bei einem Telefongespräch nicht anders!) Die Aufgliederung des Datenstromes in Zeichen, Blöcke oder Meldungen ist unumgänglich, um dem Empfänger Gelegenheit zu geben, den richtigen Empfang der Daten zu bestätigen. Keine Maschine wird Daten pausenlos senden, ohne sich ab und zu zu versichern, dass die Daten auch empfangen werden. Sogar wenn bei einer bestimmten Anwendung dauernd Daten zu übermitteln sind, werden sich deshalb für die Übertragung Datenblöcke und Pausen folgen. Die dynamische Multiplexierung nutzt nun genau diese Pausen aus, um während dieser Zeit Datenblöcke anderer Verbindungen zu übertragen. Die Pausen sind natürlich wesentlich länger, wenn Daten eines Dialogsystems übermittelt werden, bei dem noch menschliche Reaktionszeiten eingeschlossen sind. Studien haben gezeigt, dass Datenverbindungen in der Zeit, während der sie überhaupt benutzt werden, nur zu einem Bruchteil ihrer Kapazität effektiv ausgenutzt sind.

Der hohe Nutzungsfaktor der Übertragungsmittel, der bei der Paketvermittlungstechnik erreicht wird, ist vorwiegend dort interessant, wo grosse Distanzen zu überwinden sind. Im nationalen Netz der kleinen Schweiz werden sich dagegen keine sehr grossen Einsparungen erzielen lassen.

Durch die Zwischenspeicherung der Pakete in der Vermittlungsstelle sind die physikalischen Übertragungsbitraten der Empfänger- und Sendeseite voneinander entkoppelt. Die zu einem Paket gehörenden «Bits» können problemlos mit langsamer Geschwindigkeit empfangen und mit viel höherer Bitrate weitergesendet werden. In umgekehrter Richtung würden sich jedoch Probleme ergeben, wenn die über die schnelle Leitung empfangene *Datenmenge* dauernd grösser ist als jene, die über die langsame Leitung wieder abgesetzt werden kann. Um diesen Speicherüberlauf zu verhindern, besitzt die Paketvermittlung eine sogenannte Flusssteuerung, das heisst einen Mechanismus, mit dem der Empfänger den Sender «bremsen» kann. Dabei wird also nicht etwa die Übertragungsgeschwindigkeit (bit/s) verringert, sondern die effektive Datenmenge je Zeiteinheit (Pakete/s), was man etwa mit *Datendurchsatz* (throughput) bezeichnet. Der Durchsatz über eine bestimmte Verbindung zwischen zwei Endgeräten kann nie grösser sein, als es die Übertragungsrate des langsamsten der beteiligten Verbindungsabschnitte zulässt. Zusätzlich kann aber auch das Endgerät selber noch den Durchsatz verringern, wenn es dies wünscht. Die Flusssteuerung gewährleistet daher auch Datenaustausch zwischen Geräten unterschiedlicher Übertragungsbitraten.

Die relevanten CCITT-Empfehlungen sehen die Mittel vor, um eine sehr kleine Fehlerwahrscheinlichkeit einer Datenverbindung zu gewährleisten. In jedem Paket ist eine 16 bit lange Prüfsequenz eingeschlossen. Diese Prüfsequenz wird nach der Methode der zyklischen Redundanzprüfung (cyclic redundancy check) durch einen Algorithmus gebildet und am empfangenden Ende geprüft. Fehlerhafte Pakete werden zurückgewiesen und müssen nochmals gesendet werden. Mit dieser Methode lässt sich erreichen, dass weniger als eines von etwa 10^{12} übertragenen Zeichen (Byte) unerkant ver-

peuvent être reçus sans difficulté à une vitesse peu élevée, puis être émis à un débit beaucoup plus rapide.

En sens inverse, des problèmes se posent si la *quantité de données* reçue sur une ligne rapide est constamment supérieure à la quantité qui peut être émise sur une voie lente. Pour que ce débordement de mémoire puisse être évité, la commutation par paquets est dotée d'un dispositif de «contrôle de flux», mécanisme permettant au récepteur de «freiner» l'expéditeur. Ce n'est donc pas la vitesse de transmettre (bit/s) qui diminue, mais la quantité effective de données acheminées par unité de temps (paquets/s), ce qui est appelé *débit utile* (through-put). Le débit utile d'un transfert déterminé entre deux terminaux ne peut jamais être supérieur au débit de transmission de la liaison la plus lente. En outre, le terminal peut freiner le débit utile, si nécessaire. Le dispositif de contrôle de flux assure aussi l'échange d'informations entre appareils ayant des débits binaires différents.

Les Avis du CCITT considérés prévoient divers moyens susceptibles d'assurer une très faible probabilité d'erreurs dans les transmissions de données. Chaque paquet contient une séquence de contrôle longue de 16 bit. Cette séquence est représentée par un algorithme formé selon la méthode du contrôle de redondance cyclique (cyclic redundancy check), et elle est contrôlée par le récepteur. Les paquets contenant des erreurs sont retournés et un nouveau paquet doit être émis. Grâce à cette méthode, l'erreur est inférieure à un caractère erroné pour 10^{12} caractères (byte) transmis. Le principe des circuits virtuels assure également que l'ordre des paquets (et naturellement des bits à l'intérieur des paquets) soit sauvegardé de bout en bout de la liaison, ce qui revient à dire que les paquets sont livrés à leur destinataire dans l'ordre précis où ils ont été remis au central de commutation par l'expéditeur.

Ainsi, un réseau commuté comprenant des centraux de commutation par paquets suppose plusieurs fonctions déterminantes pour la transmission de données, fonctions qui, lors de l'utilisation du réseau téléphonique ou de lignes louées, doivent être réalisées au niveau des équipements d'abonnés privés.

5 Interfaces pour le raccordement de terminaux

Les Avis du CCITT les plus importants concernant les réseaux de commutation par paquets sont sans doute ceux qui se rapportent aux interfaces de raccordement des terminaux. Par «terminal», on entend ici tous les types d'équipements et d'appareils qu'un abonné peut raccorder à un réseau de données public. Il peut s'agir de terminaux individuels (par exemple des appareils à écran), d'unités de commande de terminaux (qui contrôlent des «grappes» entières de terminaux), de petits ordinateurs, mais aussi d'installations complètes de traitement des données (centres de calcul) [8].

Grâce à l'énorme travail et aux efforts importants de quelques spécialistes, un Avis relatif au raccordement de terminaux fonctionnant en mode paquet a été ébauché par la commission VII, pendant l'avant-dernière période d'étude du CCITT. L'Avis en question, désigné par X.25, a été révisé au cours de la dernière période d'étude et ratifié à la fin de 1980 par l'Assemblée plé-

fälscht werden kann. Das Prinzip der virtuellen Verbindungen stellt ebenfalls sicher, dass die Reihenfolge der einzelnen Pakete (aber natürlich auch der Bits innerhalb der Pakete) zwischen den Verbindungsenden erhalten bleibt. Das heisst, dass die Pakete dem Adressaten in gleicher Reihenfolge abgeliefert werden, wie sie vom Absender der Paketvermittlung übergeben wurden.

Ein Wählnetz mit Paketvermittlungsstellen beinhaltet somit bereits verschiedene für die Datenübermittlung wesentliche Funktionen, die bei Verwendung des Telefonnetzes oder von Mietleitungen in den privaten Teilnehmereinrichtungen verwirklicht werden müssen.

5 Schnittstellen für den Anschluss von Endgeräten

Die wohl wichtigsten der CCITT-Empfehlungen für Paketvermittlungsnetze sind jene über die Schnittstellen für den Anschluss von Endgeräten. Unter «Endgerät» werden hier alle Arten von Einrichtungen und Geräten verstanden, die ein Teilnehmer an das öffentliche Daten-netz anschliessen kann. Es können dies einzelne Terminals (zum Beispiel Bildschirmgeräte), Terminalsteuereinheiten (die ganze Gruppen von Terminals unterstützen), Kleinrechner, aber auch ganze Datenverarbeitungsanlagen (etwa von Rechenzentren) sein [8].

Mit erheblichem Arbeitsaufwand und grösstem Einsatz einiger Fachleute wurde während der vorletzten Studienperiode des CCITT im Rahmen der Kommission VII die Empfehlung für den Anschluss paketorientiert arbeitender Endgeräte entworfen. Die unter der Bezeichnung X.25 bekannte Empfehlung wurde während der letzten Studienperiode revidiert und in neuster Form Ende 1980 durch die CCITT-Vollversammlung verabschiedet. Die Arbeiten an dieser Empfehlung brachten einen personellen Wandel in der Zusammensetzung der Studienkommission VII, in der plötzlich auch Fachleute aus der Datenverarbeitung und vor allem der Datenkommunikation Einsitz nahmen und die Generation der Telegrafieexperten weitgehend ablösten.

Die Empfehlung X.25 besteht aus vier Hauptteilen [9, 10]. Der erste Teil legt die mechanischen und die elektrischen Parameter der Schnittstelle fest. Diese ist zwischen dem Endgerät (DTE — *Data Terminal Equipment*) und dem Datenanschlussgerät (DCE — *Data Circuit Terminating Equipment*) definiert. Das Datenanschlussgerät ist nicht näher spezifiziert, es hat aber unter anderem die Funktionen eines Modems, das heisst, es passt die digitalen Signale an die Erfordernisse der Übertragungstechnik der Anschlussleitung an.

Der zweite Teil von X.25 legt die Leitungssteuerung (oft auch Leitungsprotokoll oder Leitungsprozedur genannt) fest. Er bestimmt, auf welche Weise der Datenstrom gegliedert wird, wie dafür gesorgt wird, dass keine Einschränkungen in der Bitfolge beachtet werden müssen, wie die Übertragung überwacht wird und Fehler korrigiert werden und schliesslich, mit welchen Massnahmen sich die genannten Funktionen nach Fehlerereignissen wieder erholen können.

Im dritten Teil der Empfehlung werden die Paketformate und die Signalisierungsprozeduren für den Verbindungsauf- und -abbau festgelegt. Es wird ferner der Flusssteuermechanismus und, als hervorstechende Ei-

niere des CCITT, sous sa nouvelle forme. Les travaux inhérents à cet Avis ont entraîné une modification de la structure du personnel composant la commission d'étude VII, dans laquelle des spécialistes du traitement, et surtout de la transmission des données, remplacèrent les experts de la génération de la télégraphie.

L'Avis X.25 comprend quatre parties principales [9, 10]. La première partie prescrit les paramètres mécaniques et électriques de l'interface définie entre l'équipement terminal de traitement des données ETTD (ou DTE — *Data Terminal Equipment*) et l'équipement de terminaison du circuit de données ETCD (ou DCE — *Data Circuit Terminal Equipment*). L'ETCD n'est pas décrit plus en détails mais il a, entre autres tâches, la fonction d'un modem, c'est-à-dire qu'il adapte les signaux numériques aux exigences de la technique de transmission de la ligne de raccordement.

La deuxième partie de l'Avis X.25 règle la commande de la ligne (souvent appelée protocole ou procédure de ligne). Elle détermine de quelle manière le flux de données est structuré, comment on veille à ce qu'aucune restriction dans la succession des bits ne doive être observée, comment on surveille la transmission et on corrige les erreurs et, enfin, avec quelles mesures les fonctions évoquées peuvent à nouveau se régénérer après une erreur.

Dans la troisième partie de l'Avis, on fixe les formats des paquets et les procédures de signalisation nécessaires à l'établissement et à la déconnexion de la communication. En outre, y sont décrits le mécanisme de contrôle du flux et, comme caractéristique particulière de cette interface, le procédé de multiplexage des liaisons sur un seul canal de transmission physique. La signalisation et les données des utilisateurs s'appuient sur la procédure de ligne indiquée dans la deuxième partie, en tant que système de transport pour paquets individuels, la liaison assurant la correction des erreurs, étant transparente pour les séquences de bits.

La quatrième partie principale de X.25 traite des possibilités complémentaires de raccordement, comprises généralement dans l'expression «*services d'utilisateurs*».

Pour ce qui est des détails relatifs à l'interface décrite dans X.25, on consultera l'Avis considéré [10] ou la documentation y relative [8, 9]. Quelques caractéristiques indispensables à la compréhension de la technique de commutation par paquets sont abordés ci-après.

51 Paramètres mécaniques et électriques

L'Avis X.25 du CCITT se fonde sur l'interface prévue précédemment pour le raccordement aux réseaux publics de données et définie dans l'Avis X.24. L'Avis X.24 a été grandement simplifié par rapport à l'Avis V.24 traitant de l'interface de modems habituelle, et il ne porte plus que sur sept conducteurs (*fig. 4*). Comme solution transitoire, étant donné que les premiers terminaux équipés d'interface X.24 n'arrivent qu'aujourd'hui sur le marché, l'Avis X.25 autorise également les «anciennes» interfaces V.24. On peut ainsi raccorder tous les terminaux existants, prévus pour des liaisons par l'intermédiaire de modems usuels, en tant qu'ils fonctionnent en mode synchrone et en duplex, avec un des débits de

genschaft dieser Schnittstelle, das Verfahren für die Verbindungsmultiplexierung über den einzelnen physikalischen Übertragungskanal beschrieben. Signalisierung und Anwenderdaten benutzen die im 2. Teil festgelegte Leitungsprozedur als fehlerkorrigiertes, bittransparentes Transportsystem für die einzelnen Pakete.

Der vierte der Hauptteile von X.25 befasst sich mit zusätzlichen Möglichkeiten des Anschlusses, oft unter dem Begriff *Teilnehmerdienste* zusammengefasst.

Für Einzelheiten über die Schnittstelle X.25 muss auf den Text der Empfehlung [10] oder entsprechende beschreibende Literatur [8, 9] verwiesen werden. Nachstehend sollen nur einige wesentliche Merkmale hervorgehoben werden, die für das Verständnis der Paketvermittlungstechnik unentbehrlich sind.

51 Mechanische und elektrische Parameter

Die CCITT-Empfehlung X.25 stützt sich auf die bereits früher für den Anschluss an öffentliche Datennetze geschaffene und in der Empfehlung X.24 festgelegte Schnittstelle. Die Empfehlung X.24 ist gegenüber der herkömmlichen Modemschnittstelle gemäss V.24 wesentlich vereinfacht und enthält nur noch sieben Leiter, wie in *Figur 4* dargestellt. Als Übergangslösung, da erst heute die ersten mit X.24-Schnittstelle ausgerüsteten Endgeräte auf dem Markt erscheinen, lässt die Empfehlung X.25 auch die «alte» V.24-Schnittstelle zu. Es können damit alle bestehenden, für die Verbindung mit herkömmlichem Modem ausgerüsteten Endgeräte angeschlossen werden, sofern sie synchron vollduplex mit einer der normierten Übertragungsraten 2400, 4800, 9600 oder allenfalls 48 000 bit/s arbeiten.

52 Leitungsprozedur

Die X.25-Leitungsprozedur ist ebenfalls keine Neuerung. Die International Standards Organisation (ISO), eine Vereinigung verschiedener nationaler Normierungsgremien, definierte vor einigen Jahren eine Familie von Datenübertragungsprozeduren für Miet- und Wahlleitungen aller Art. Diese Prozeduren sind unter dem Namen HDLC (*High Level Data Link Control*) Prozeduren bekannt. Eine der möglichen Optionen dieser Familie wurde als Leitungsprozedur für X.25 gewählt, und es wurden nur noch die zugehörigen einsatzabhängigen Parameter festgelegt. Die Prozedur wird mit LAP B (*Link Access Protocol, Balanced mode*) bezeichnet. Wichtige Eigenschaft ist die Symmetrie von LAP B bezüglich beider Endstellen der Leitung. Sie sind gleichberechtigt, können die Übertragung starten und beenden, und es gibt keine hierarchische Unterstellung.

LAP B arbeitet in beiden Übertragungsrichtungen gleichzeitig (vollduplex), mit einer Rahmenstruktur. Rahmenende oder -anfang werden mit einer Synchronisier-Bitfolge gekennzeichnet. Ein Rahmen kann höchstens ein Datenpaket transportieren und enthält zusätzlich vier Bytes Steuerinformation.

Die einzelnen Rahmen werden zyklisch nummeriert und müssen vom empfangenden Ende quittiert werden, wobei aber die Quittung für mehrere Rahmen zusammengefasst werden kann. Als fehlerhaft erkannte Rahmen werden nicht quittiert und infolgedessen nach Ablauf einer Zeitüberwachung wiederholt (*Fig. 5*).

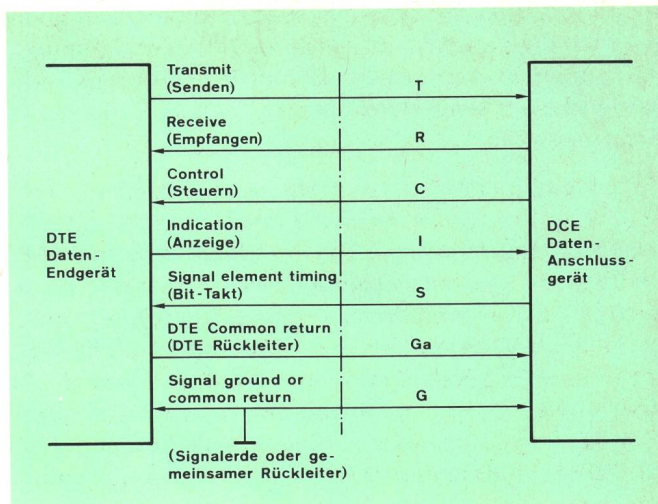


Fig. 4

Schnittstelle X.24 — Interface X.24

DTE Daten-Endgerät — ETDD Equipement terminal de traitement de données

DCE Daten-Anschlussgerät — ETDC Equipement de terminaison de circuits de données

Senden — Emission

Empfangen — Réception

Steuern — Commande

Anzeige — Indication

Bit-Takt — Cadence des bits

DTE-Rückleiter — Voie de retour ETDD

Signalerde oder gemeinsamer Rückleiter — Terre de signalisation ou retour commun

transmission normalisés de 2400, 4800, 9600 ou éventuellement 48 000 bit/s.

52 Procédure d'accès à la liaison

De même, la procédure d'accès à la liaison de l'Avis X.25 n'est pas nouvelle. Il y a quelques années déjà l'Organisation internationale de normalisation (ISO), formée de comités nationaux de normalisation, a défini une famille de procédures de transmission de données pour lignes louées et lignes commutées de toute nature connues sous le nom de procédures de «commande de chaînon à haut niveau» (*High Level Data Link Control* = HDLC). Une des options de cette famille a été choisie comme procédure d'accès pour X.25 et seuls les paramètres y afférents et qui sont dépendants de l'application visée ont été fixés. Cette procédure d'accès à la liaison est appelée LAP B (*Link Access Protocol, Balanced mode*). Sa principale caractéristique est la symé-

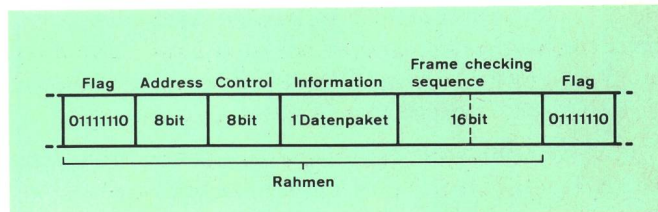


Fig. 5

HDLC-Rahmenformat — Format de trame HDLC

Flag — Fahne — Drapeau

Adress — Adresse — Adresse

Control — Steuerung — Commande

Frame checking sequence — Rahmen-Prüfsequenz — Séquence de contrôle de trame

Rahmen — Trame

LAP B enthält darüber hinaus die nötigen Prozeduren, um nach dem Einschalten der Geräte oder nach Fehlern wie Leitungsunterbrüchen, Stromausfällen usw. den ganzen Pakettransportmechanismus wieder definiert in Gang zu setzen.

Es muss betont werden, dass die Leitungsprozedur ausschliesslich zwischen den Endstellen einer physischen Leitung (in diesem Falle zwischen DTE und DCE) definiert ist. Dieselbe Prozedur kann, muss aber nicht, auch auf der Leitung zwischen zwei Paketvermittlungsstellen eingesetzt werden. Jedenfalls dürfen die Erläuterungen der Eigenschaften und Methoden keinesfalls etwa auf die ganze Verbindung zwischen zwei an einem Wählnetz angeschlossenen Endgeräten bezogen werden. So kann beispielsweise innerhalb der Leitungsprozedur der Empfang eines Rahmens durchaus durch das DCE bestätigt werden, ohne dass sichergestellt ist, dass das darin enthaltene Paket auch jemals dem Adressaten übermittelt werden kann. Die Sicherstellung der Integrität von Meldungen über die ganze Übertragung, von Endgerät zu Endgerät, ist deshalb Aufgabe von Protokollen höherer Ebenen (Abschnitt 6).

Die Leitungsprozedur LAP B stellt also einen Transportmechanismus für die gesicherte Übertragung von Datenpaketen vom DTE zum DCE und umgekehrt dar. Der Mechanismus ist vergleichbar etwa mit einem Förderband mit abschliessbaren Paketbehältern, das dauernd in Betrieb steht.

53 Paketprotokoll

Alle Pakete, die mit der erläuterten Leitungsprozedur übertragen werden, enthalten eine 12 bit lange Nummer. Pakete mit derselben Nummer gehören zum selben *logischen Kanal*, wobei der Begriff «Kanal» beide Übertragungsrichtungen umfasst. Auf diese Weise können über eine Anschlussleitung beziehungsweise über eine Leitungsprozedur bis zu 4096 logische Kanäle unterschieden werden. «Logisch» heissen die Kanäle deshalb, weil nicht ein festes Kanalaraster besteht (wie bei einem Zeit- oder Frequenzmultiplexsystem), sondern die Verarbeitung im Endgerät beziehungsweise in der Vermittlungsstelle die Pakete nur so zuordnet und behandelt, als ob mehrere getrennte Kanäle vorhanden wären (Fig. 6).

Die Möglichkeit, mehrere logische Kanäle zu unterscheiden, erlaubt es nun, gleichzeitig und unabhängig voneinander bis zu theoretisch 4096 Verbindungen aufzubauen, zu benutzen und abzubauen. Bei jedem Verbindungsaufbau muss ein freier logischer Kanal (eine freie Zuordnungsnummer) ausgewählt und belegt werden. Von der Funktionsweise her kann dieses Verfahren ohne weiteres mit einem Mehrfachbündel für Amtsleitungen einer Haustelevonzentrale verglichen werden.

Auf- und Abbau der Verbindungen gehen grundsätzlich genau gleich vor sich wie bei herkömmlichen Vermittlungssystemen. In X.25 sind Signalisierungspakete definiert, mit denen die Wahlinformation (Adresse des gerufenen Teilnehmers) an die Zentrale gesendet wird. Die Zentrale ordnet dann für die Dauer der Verbindung dem betreffenden logischen Kanal die Adresse des gerufenen Teilnehmers zu. Diese Adresse muss anschliessend nicht mehr mit jedem Datenpaket übertragen werden.

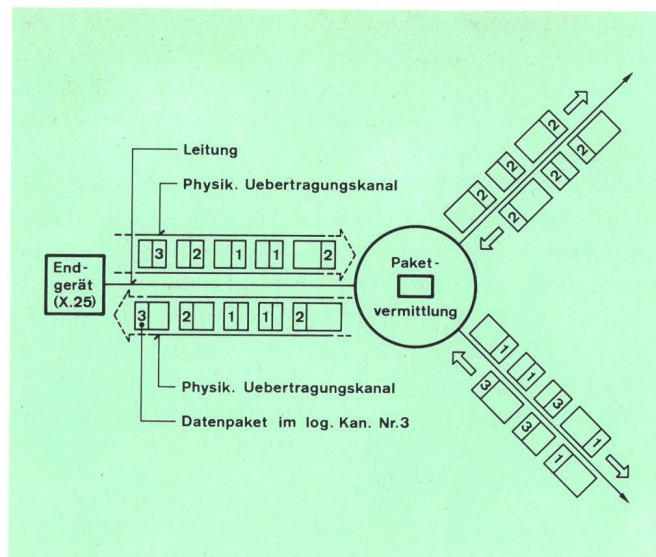


Fig. 6

Logische Kanäle — Canaux logiques

Endgerät — Terminal

Physik(alischer) Übertragungskanal — Canal de transmission physique

Leitung — Ligne

Paketvermittlung — Commutation par paquets

Datenpaket im log(ischen) Kan(al) Nr. 3 — Paquet de données dans le canal logique N° 3

trie in ce qui concerne les deux équipements terminaux de la ligne, puisqu'ils ont la même priorité et peuvent initialiser ou terminer la transmission; il n'y a donc pas de différenciation hiérarchique.

Le LAP B travaille simultanément dans les deux sens de transmission (système duplex), avec une structure de trame. Le début et la fin de la trame se caractérisent par une série de bits de synchronisation. Une trame ne peut transporter qu'un *seul* paquet de données et contient, en plus, quatre bytes d'information de commande.

Les différentes trames sont numérotées cycliquement et doivent être quittancées par le destinataire, la quittance pouvant cependant porter sur plusieurs trames. Les trames considérées comme erronées ne sont pas quittancées et, de ce fait, doivent être répétées à la fin de la temporisation (fig. 5).

Le LAP B contient en outre les procédures nécessaires pour qu'après la mise en service des appareils ou en cas d'erreurs, telles qu'interruptions de lignes, défaillance de l'alimentation, etc., tout le mécanisme de transport des paquets fonctionne à nouveau comme il a été défini.

Il convient d'insister sur le fait que la procédure d'accès à la liaison est définie uniquement entre les extrémités d'une liaison physique (dans ce cas, entre l'ETTD et l'ETCD). Cette même procédure peut aussi, mais ne doit pas, être appliquée à une liaison entre deux centraux de commutation par paquets. De toute façon, les caractéristiques et les méthodes exposées ne sauraient se rapporter à tous les éléments de la liaison entre deux terminaux reliés à un réseau commuté. Ainsi, au niveau de la procédure de ligne, une confirmation peut être donnée par l'ETCD, sans qu'on puisse être certain que le paquet contenu dans la trame parvienne à son destinataire. L'intégrité des messages sur tout le trajet d'acheminement, de terminal à terminal, doit donc être assurée par des protocoles d'un niveau supérieur (chapitre 6).

Wie bereits erklärt, heissen die so aufgebauten Verbindungen «virtuelle Verbindungen», da eben keine Übertragungskanäle fest und ausschliesslich zugeteilt werden. Diese Tatsache hat zur Folge, dass weder beim empfangenden Endgerät noch im Netz selber gewährleistet ist, dass jederzeit genügend Empfangsspeicher oder Übertragungskapazität für die Aufnahme und Weiterleitung ankommender Pakete vorhanden sind. Der erläuterte Flusssteuermechanismus gestattet aber, den Sender so weit zu steuern, dass weder das empfangende Endgerät noch das Netz «überlaufen» (und dadurch allenfalls Pakete verlorengehen). Die Flusssteuerung wirkt für beide Übertragungsrichtungen einer Verbindung einzeln, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Eine weitere, wesentliche Eigenheit der virtuellen Verbindung, wie sie in X.25 definiert ist, steht ebenfalls im Zusammenhang mit der Flusssteuerung. Der Bremsvorgang wirkt sich nämlich nur auf normale Datenpakete aus. Unabhängig davon können über dieselbe virtuelle Verbindung sogenannte *Unterbrechungspakete* (interrupt packets) gesendet werden, die allerdings einzeln vom empfangenden Endgerät quittiert werden müssen. Den Endgeräten steht damit praktisch je virtuelle Verbindung ein zweiter Kanal zur Verfügung, über den, ausserhalb der Flusssteuerung, beispielsweise einzelne Steuerbefehle übertragen werden können.

Es ist auch hier wiederum wichtig zu erkennen, dass das Paketprotokoll und besonders die Flusssteuerung als lokale Angelegenheit, bezogen auf die Anschlussschnittstelle zwischen DTE und DCE, definiert sind. Es werden allerdings auch im Innern des Netzes gleichwertige Mechanismen vorhanden sein, je nach Realisierung aber möglicherweise jeweils für jeden Verbindungsabschnitt (zwischen zwei Zentralen) einzeln. Die Folge davon: Nicht in jedem Netz können gleich viele Pakete eingespeist werden — ohne diese dem Empfänger abzuliefern —, bevor die Flusssteuerung die Annahme weiterer Pakete verhindert. Das bedeutet aber, dass ein allgemein verwendbares DTE bei einer beliebigen Verbindung jeweils nicht wissen kann, wie viele der gesendeten Pakete beim empfangenden Partner tatsächlich bereits angekommen sind. Unschön ist dieser Umstand vor allem dann, wenn das Netz (oder auch das empfangende Endgerät) mitten in einer Verbindung aus Fehlergründen ausfällt oder sich neu initialisiert. In einem solchen Fall kann eine für den Absender unbekannte Anzahl Pakete verlorengehen. Da dies oft als Schwachstelle der Empfehlung X.25 angesehen wurde, hat das CCITT mittlerweile in der neuesten Revision ein wählbares, sogenanntes End-zu-End-Bestätigungsverfahren eingebaut. Damit ist es dem Absender jetzt möglich, einzelne Pakete zu kennzeichnen und das Netz zu veranlassen, ihm die Zustellung dieser Pakete an den Empfänger ausdrücklich zu bestätigen. Diese Funktion ist allerdings in den bestehenden Paketvermittlungssystemen meist noch nicht verwirklicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das X.25-Paketprotokoll die erforderlichen Signale und Prozeduren für den Auf- und Abbau virtueller Verbindungen enthält. Über die Numerierung logischer Kanäle können bis zu 4096 Verbindungen dynamisch multiplexiert werden. Für die Übertragung von Datenpaketen über eine bestehende Verbindung ist ein Flusssteuermechanismus für beide Übertragungsrichtungen getrennt wirksam. Mit

La procédure d'accès à la liaison LAP B représente de ce fait un mécanisme de transport garantissant la transmission de paquets de données entre l'ETTD et l'ETCD et vice versa. Ce mécanisme est comparable, dans une certaine mesure, à un ruban transporteur pourvu de cases à paquets, pouvant être fermées et fonctionnant sans interruption.

53 Protocole des paquets

Tous les paquets qui sont acheminés conformément à la procédure d'accès évoquée contiennent un numéro de 12 bit. Les paquets portant les mêmes numéros font partie du même *canal logique*, l'expression «canal» comprenant ici les deux directions d'acheminement. De ce fait, on peut disposer, à partir d'une ligne de raccordement ou d'une procédure d'accès, de 4096 voies logiques. Les canaux ou voies sont appelés «logiques» parce qu'il n'existe pas de trame de voie fixe (comme dans le système de multiplexage en fréquences ou dans le temps), mais que le traitement effectué dans le terminal ou au central de commutation affecte les paquets et les conditionne comme si plusieurs canaux séparés existaient vraiment (*fig. 6*).

La possibilité de distinguer plusieurs voies logiques permet donc d'établir simultanément jusqu'à 4096 circuits ou communications indépendants, de les constituer et de les libérer. Pour chaque établissement de liaison, il faut donc sélectionner un canal logique libre (un numéro d'affectation disponible) et l'occuper. Sous l'angle du fonctionnement, ce procédé peut être comparé sans autre forme à un faisceau multiple de lignes réseau d'un central téléphonique d'abonné.

L'établissement et la déconnexion de la communication se font de la même manière qu'avec les systèmes habituels de commutation. Les paquets de signalisation servant à acheminer l'information de sélection (adresse de l'appelé) au central sont définis dans l'Avis X.25. Le central attribue alors, pour la durée de la communication, l'adresse de l'appelé au canal logique utilisé. Par la suite, cette adresse ne doit plus être transmise avec chaque paquet.

Comme il en a déjà été question, les liaisons ainsi établies sont dites «communications virtuelles», étant donné qu'aucune voie de transmission n'est octroyée à titre définitif et exclusif. La conséquence en est que ni au niveau de l'équipement terminal récepteur, ni sur le réseau lui-même, on ne peut être assuré en tout temps que la mémoire de réception et la capacité de transmission suffisent à la prise en charge et à l'acheminement des paquets arrivants. Le mécanisme de contrôle du flux décrit précédemment permet cependant de commander l'émetteur de manière que ni le terminal destinataire, ni le réseau ne «débordent» et que des paquets s'égarent éventuellement. Le contrôle de flux agit séparément sur les deux sens de transmission d'une liaison, sans influence réciproque. Une autre particularité importante de la communication virtuelle comme elle est définie dans l'Avis X.25 a également trait au contrôle de flux. Le processus de freinage n'intervient en effet que sur les paquets de données normaux. Indépendamment de cela, on peut acheminer sur le même circuit virtuel des «*paquets d'interruption*» (interrupt packets) qui, en l'oc-

«Unterbrechungspaketen» können jederzeit — gewissermassen ausserband — Steuersignale oder ähnliches über dieselbe Verbindung übertragen werden.

Anwendung der Schnittstelle gemäss X.25. Die Schnittstelle X.25 ist den in der Datenfernverarbeitung gebräuchlichen Verfahren besonders gut angepasst. Über einen einzigen physischen Ein-/Ausgabekanal werden dort (zum Beispiel zwischen Rechner und front end) mehrere Verbindungen unterhalten und Daten mit den entsprechenden Endgeräten ausgetauscht. Ein gleichartiges Adress-Multiplexverfahren wird nun auch auf der Anschlussleitung zum Netz verwendet. Mit der Paketvermittlung wird eine grosse Einheitlichkeit des Gesamtsystems angestrebt, da die Endgeräte praktisch Teil des Netzes sein können und auch zwischen den Vermittlungsstellen im wesentlichen dieselben Prinzipien und Verfahren angewandt werden wie zwischen Endgerät und Netz beziehungsweise den Endgeräten untereinander. Das Paketvermittlungsnetz mit den einzelnen Vermittlungsstellen und den Endgeräten zusammen bildet so ein einziges *Computernetzwerk* in der Art der firmeneigenen Netzwerkarchitekturen. Auf die zugrunde liegende durch das CCITT adoptierte Standardarchitektur wird später noch näher einzugehen sein. Vorerst soll jedoch noch eine zweite CCITT-empfohlene Verwendungsart der Paketvermittlung umrissen werden.

54 Schnittstellen gemäss CCITT X.28 [10]

Ein unmittelbares Bedürfnis für firmenunabhängige Datenwählnetze bestand — unter anderem auch in Europa — in erster Linie, um den problemlosen Zugang mit einfachen, bestehenden Terminals zu Datenbanksystemen zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurde das europaweite Datennetz *Euronet* geschaffen. Gleichzeitig mit der für neue oder intelligenteren Endgeräte gedachten Schnittstelle X.25 wurde deshalb eine Schnittstelle für zeichenorientiert asynchron arbeitende Geräte, wie sie heute in grosser Zahl vorhanden sind, normiert. Solche Geräte senden und empfangen einzelne, vorwiegend alphanumerische Zeichen, die, ähnlich wie beim Fernschreiber, aus einer Anzahl Bits mit zusätzlicher Kennung am Anfang und am Ende des Zeichens gebildet werden. Mit besonderen Steuerzeichen (Bitkombinationen, die nicht durch Buchstaben oder Ziffern «belegt» sind) können dem Verbindungspartner Handlungsanweisungen übermittelt werden, die beispielsweise den Ausdruck von nachfolgenden Zeichen, den Sprung auf eine neue Zeile, aber auch eine Empfangsbestätigung in umgekehrter Richtung bewirken. Die Bedienungsperson dieser Geräte veranlasst die Aussendung der einzelnen Zeichen durch Tastenbetätigung. Durch aufeinanderfolgende Zeicheneingabe entsprechend festgelegter Regeln (Sprache) können über ein Datenwählnetz Verbindungen auf- und abgebaut werden oder aus entfernten Datenbanksystemen Informationen abgefragt werden.

Die durch das CCITT für Paketvermittlungsnetze empfohlene Anschlussschnittstelle für zeichenweise arbeitende asynchrone Endgeräte trägt die Bezeichnung X.28. Gemäss dieser Empfehlung verkehrt das Terminal mit dem Netz gleich, wie es dies mit «seinem» Host-Rechner im Falle einer direkten Verbindung täte. Das Terminal sendet und empfängt einzelne Zeichen ent-

currence, doivent être quittancés individuellement par le terminal destinataire. Ainsi, les terminaux disposent pratiquement d'une deuxième voie fonctionnant indépendamment du contrôle de flux et par laquelle on peut transmettre par exemple des ordres de commande individuels.

Là aussi, il est important de reconnaître que le protocole des paquets et, en particulier, le contrôle de flux sont définis sur le plan local, en rapport avec l'interface entre l'ETTD et l'ETCD. On trouve cependant des mécanismes analogues à l'intérieur du réseau, suivant la réalisation envisagée mais aussi, dans certains cas, pour chacune des sections de liaison (entre deux centraux). Il en résulte que le nombre de paquets qui peuvent être introduits dans le réseau — sans que ceux-ci soient livrés à leur destinataire — avant que le contrôle de flux refuse d'en accepter d'autres est différent, pour les différents réseaux. Cela ne signifie rien d'autre qu'au moment où l'ETTD expéditeur constate que le réseau n'accepte plus de paquets, il ne sait pas combien de paquets envoyés sont effectivement parvenus à l'ETTD récepteur. Cette situation est particulièrement défavorable lorsque le réseau (mais aussi le terminal récepteur) est affecté par une défaillance due à des erreurs, au milieu d'une communication. En pareil cas, des paquets en nombre inconnu de l'expéditeur peuvent se perdre. Vu qu'il s'agit là de ce qui a souvent été considéré comme le point faible de l'Avis X.25, le CCITT a intégré dans la dernière révision un procédé de confirmation de bout en bout pouvant être sélectionné. L'expéditeur peut ainsi «marquer» chaque paquet et exiger du réseau qu'il lui confirme la livraison de ces paquets au destinataire. Cependant, cette fonction n'a pas encore été introduite dans la plupart des systèmes de commutation par paquets.

En résumé, on peut dire que le protocole des paquets X.25 contient les signaux et les procédures nécessaires à l'établissement et à la déconnexion de communications virtuelles. La numérotation de canaux logiques autorise un multiplexage dynamique de 4096 liaisons au plus. Un mécanisme de contrôle de flux se charge de la transmission de paquets de données à travers une communication existante et séparément pour chaque direction d'acheminement. Grâce à des «paquets d'interruption», on peut en tout temps, et pour ainsi dire hors bande, transférer des signaux de commande ou des indications de même nature par le biais de la même liaison.

Utilisation de l'interface selon X.25. L'interface X.25 est particulièrement bien adaptée aux procédés en vigueur dans les milieux du télétraitement des données. Par l'intermédiaire d'une seule voie d'entrée et de sortie, plusieurs communications sont maintenues entre l'ordinateur principal et le processeur d'entrée-sortie, et des données sont échangées avec les équipements terminaux considérés. Un tel procédé de multiplexage par adresse est également émis sur la ligne de raccordement aboutissant au réseau, comme on l'a vu précédemment. Dans la communication par paquets, on s'efforce d'obtenir une plus grande homogénéité de tout le système, vu que les terminaux font pratiquement partie du réseau et qu'entre les centraux de commutation, pour l'essentiel, les mêmes principes et procédés qu'entre le terminal et le réseau sont aussi appliqués. Le réseau de commutation par paquets, avec ses différents

sprechend dem internationalen Alphabet Nr. 5 mit Paritätsbit. Die Paketvermittlung andererseits erzeugt beispielsweise das Echo der empfangenen Zeichen oder sendet selbsttätig den Zeilenvorschub nach einer festgelegten Anzahl Zeichen. Zur Weitersendung von Daten fasst das Netz die vom Terminal empfangenen Zeichen zusammen und bildet Pakete, wie sie in der Empfehlung X.25 definiert sind (Fig. 7). Das Paketvermittlungsnetz besorgt die Anpassung an die Eigenschaften eines bestimmten Terminals so weit, dass sich der Host-Rechner als Verbindungspartner nicht um diese zu kümmern braucht. Er kann mit allen Arten von Terminals auf einheitliche Weise kommunizieren. Diese Funktionen des Paketvermittlungsnetzes sind unter der Bezeichnung PAD (Packet Assembly/Disassembly) bekannt und in der Empfehlung X.3 festgelegt. Die Schnittstellenempfehlung X.28 umfasst sowohl den direkten Anschluss von Terminals an das Paketvermittlungsnetz als auch den Zugang über das Telefonwählnetz. Beim Zugang über das Telefonnetz werden die Endgeräte in herkömmlicher Weise mit Modems über eine Telefonteilnehmerleitung angeschlossen. Mit dem Telefonapparat kann der Benutzer eine Verbindung zur Paketvermittlung aufbauen. Das verwendete Modem mit Antwortautomatik auf der Seite der Paketvermittlung beantwortet den Anruf und fordert mit dem Modemton den Benutzer auf, seine Modems anzuschalten. Mit der Tastatur des Terminals kann anschließend die gewünschte Verbindung im Paketvermittlungsnetz aufgebaut werden. Durch entsprechende zusätzliche Eingaben ist der Bediener des Terminals in der Lage, die Funktionsparameter des Netzes an die Bedürfnisse seines Terminaltyps anzupassen.

6 Das ISO-Architekturmodell für «offene Systeme»

Im Abschnitt 3, Private Datennetze, wurde die Entwicklung der firmeneigenen Netzwerkarchitekturen erläutert. Damit können wohl grosse Netze aufgebaut und beherrscht werden, aber nur mit Geräten und Software-Produkten des betreffenden Herstellers.

Die ISO (International Standardization Organisation), als wichtigstes internationales Normierungsgremium im

centraux de commutation et les terminaux, forment un *réseau d'ordinateurs* unique, de même nature que les architectures de réseaux propres aux fabricants. A cet égard, l'architecture normalisée adoptée par le CCITT sera décrite plus en détail ultérieurement. Tout d'abord, abordons encore un deuxième genre d'application de la commutation par paquets, recommandé par le CCITT.

54 Interface selon l'Avis X.28 du CCITT [10]

Une des affectations immédiates des réseaux de données commutés et indépendants des fabricants consista, également en Europe, à permettre en premier lieu l'accès sans problème à des systèmes de banques de données, au moyen de terminaux simples déjà disponibles. C'est à cette fin que le réseau de données *Euro-net* fut créé à l'échelle européenne. Parallèlement à la parution de l'Avis X.25 applicable aux terminaux nouveaux ou plus intelligents, on normalisa de ce fait une interface pour appareils asynchrones travaillant en mode caractère comme on les rencontre en grand nombre aujourd'hui. Tel un téléimprimeur, ces appareils peuvent envoyer et recevoir des caractères essentiellement alphanumériques qui se composent d'un certain nombre de bits avec signe d'identification au début et à la fin d'un caractère. Des critères de commande (combinaisons de bits qui ne correspondent pas à des lettres ou à des chiffres) permettent de transmettre des indications de traitement au correspondant, lesquelles entraînent, par exemple, l'impression des caractères suivants, le passage à une nouvelle ligne, mais aussi une confirmation de réception en sens contraire. La personne qui dessert un tel terminal envoie ces différents caractères au moyen d'un clavier. Par l'introduction d'une série de caractères correspondant à des règles précises (langage), les liaisons peuvent être établies ou interrompues par le biais du réseau de données commuté; de même, il est également possible d'interroger des systèmes de banques de données éloignées.

L'interface s'appliquant aux terminaux asynchrones fonctionnant en mode caractère et recommandée par le CCITT pour les réseaux de commutation par paquets porte la désignation X.28. Selon cet Avis, le terminal correspond avec le réseau de la même manière que s'il le faisait avec «son» ordinateur hôte (serveur) dans le cas d'une liaison directe. Il envoie et reçoit des caractères conformément à l'alphabet international N° 5, avec bit de parité. Le système de commutation par paquets, d'autre part, produit par exemple l'écho des caractères reçus ou envoie de lui-même l'avance de ligne après un nombre de caractères déterminé. Pour l'acheminement des données, le réseau groupe les caractères reçus du terminal et forme des paquets, tels qu'ils sont définis dans l'Avis X.25 (fig. 7). Le réseau de commutation par paquets se charge de l'adaptation aux caractéristiques d'un terminal donné, en tant que le serveur, comme partenaire, ne s'occupe pas de cette tâche. L'ordinateur peut donc communiquer de manière uniforme avec tous les types de terminaux. Les fonctions du réseau de commutation par paquets sont désignées par le sigle ADP (Assemblage et Désassemblage de Paquets), et sont fixées dans l'Avis X.3. L'Avis X.28, relatif à l'interface, concerne aussi bien le raccordement direct de terminaux au réseau de commutation par paquets que l'accès

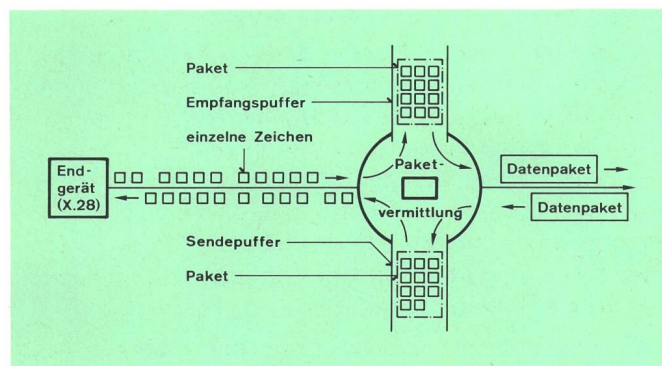


Fig. 7
Paketierungsfunktion (PAD) — Assemblage-désassemblage des paquets (ADP)

Einzelne Zeichen — Caractères individuels

Endgerät — Terminal

Paket — Paquet

Empfangspuffer — Mémoire intermédiaire de réception

Datenpaket — Paquet de données

Paketvermittlung — Commutation par paquets

Sendepuffer — Mémoire intermédiaire d'émission

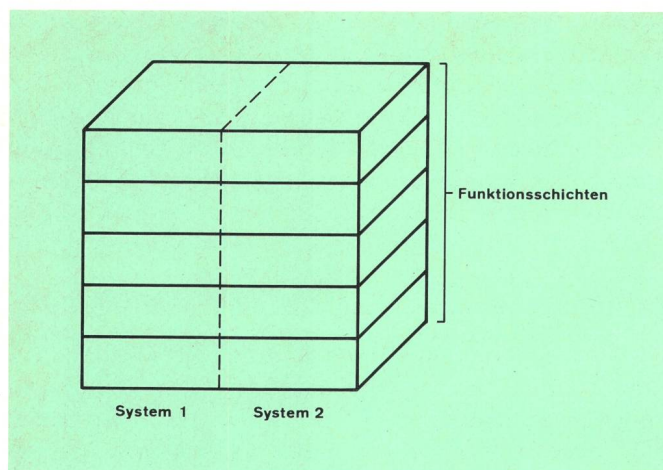


Fig. 8
Aufteilung der Funktionen für die Zusammenarbeit zweier Systeme in Schichten — Répartition des fonctions en couches pour l'interfonctionnement de deux systèmes différents
System — Système
Funktionsschichten — Couches de fonctions

Bereich der Datenübertragung, setzte sich vor einigen Jahren zum Ziel, eine Standardarchitektur für sogenannte «offene Systeme» festzulegen. Alle Systeme, bestehend aus Einzelgeräten, Rechneranlagen mit Konsolen und Ein-/Ausgabegeräten oder ganzen Rechnernetzen, die die Bedingungen der Standardarchitektur einhalten, sollen unabhängig vom Hersteller zusammenarbeiten können. Zusammenarbeiten heisst dabei nicht nur Daten austauschen, sondern tatsächlich Datenverarbeitungs-funktionen gemeinsam ausführen [11].

Es ist klar, dass zur Erreichung dieses Ziels umfassende Vorschriften und Regeln über das gegenseitige Verhalten der Systeme und die Schnittstellen zu erarbeiten sind. Diese Regeln dürfen die Freiheiten der Hersteller bezüglich der systeminternen Realisierung auf keinen Fall weiter einschränken, als dies für die Zusammenarbeit mit andern Systemen unerlässlich ist.

Der erste Schritt zu dieser ISO-Standardarchitektur ist mittlerweile erfolgt. Er bestand darin, ein Modell zu entwickeln, das die vollständige und eindeutige Beschreibung des Schnittstellenverhaltens erlauben soll. Die gesamten für die Zusammenarbeit getrennter Systeme benötigten Funktionen wurden in diesem Modell nach bestimmten Kriterien gruppiert. So entstand eine Schichten- oder Ebenenstruktur (layered structure) mit definierten Schnittstellen zwischen den Schichten (Fig. 8). Die Beschreibung der Funktionsschichten und Schnittstellen ist strikte funktionell und macht keinerlei Aussagen über die physikalische Ausführung in einem echten System.

Das ISO-Modell beschreibt die Systemfunktionen in sieben Ebenen, wobei jede Ebene über eine definierte Schnittstelle die Funktionen aller tiefer liegenden Ebenen im Sinne eines Dienstes benützt. Diese Betrachtungsweise ist leicht zu begreifen, wenn man die Analogie zu Hilfe nimmt und die Systeme etwa mit Geschäftsunternehmen vergleicht. Eine Ebene, beispielsweise die Abteilungssekretariate der beiden Firmen, benützt die Dienste der darunterliegenden Ebenen, wie der Speditionsabteilungen, öffentlichen Post, Bahnverbindungen und, zuunterst, der Gleise und Eisenbahnwagen. Definierte Schnittstellen bestehen zwischen den Abteilungs-

par l'entremise du réseau téléphonique commuté. Dans ce dernier cas, le terminal est branché de la manière habituelle sur une ligne téléphonique d'abonné par l'intermédiaire d'un modem. Grâce à l'appareil téléphonique, l'utilisateur peut établir une communication en vue de la commutation par paquets. Le modem utilisé, avec dispositif automatique de réponse du côté commutation de paquets, répond à l'appel et invite l'utilisateur, avec la tonalité du modem, à connecter ses modems. Le clavier du terminal permet ensuite d'établir la communication désirée au travers du réseau de commutation par paquets. En introduisant des renseignements complémentaires, l'utilisateur d'un terminal peut adapter les paramètres de fonctionnement du réseau aux exigences de son type de terminal.

6 Modèle d'architecture ISO pour les «systèmes ouverts»

Dans le paragraphe 3 traitant des réseaux de données privés, on a exposé le développement des architectures de réseaux propres aux fabricants avec lesquels on peut établir et exploiter des réseaux importants, mais uniquement au moyen d'appareils et de logiciels du fabricant.

L'ISO (International Standardization Organization), en sa qualité de comité international de normalisation dans le domaine de la transmission de données, s'est fixé pour objectif, il y a quelques années, d'élaborer une architecture normalisée pour ce que nous appelons les «systèmes ouverts». Tous les systèmes se composant d'appareils individuels, d'ordinateurs avec consoles et dispositifs d'entrée-sortie, ou de réseaux complets d'ordinateurs, qui respectent les exigences d'une architecture normalisée, devront dorénavant être compatibles, quels que soient les fabricants. Il ne s'agit là pas seulement de l'échange de données, mais des fonctions réelles de *traitement* de données effectuées en commun [11].

Il est évident que, pour atteindre cet objectif, il faut élaborer des prescriptions et des règles complètes se rapportant à l'interfonctionnement des divers systèmes et aux interfaces. Ces directives ne sauraient en aucun cas entraver les libertés des fabricants, pour ce qui est de leurs réalisations internes, plus que l'exige l'interfonctionnement avec d'autres systèmes.

La première phase d'une architecture ISO normalisée a déjà été réalisée. Elle consistait à développer un modèle permettant de décrire de manière complète et claire le comportement d'une interface. Les fonctions complètes et nécessaires à l'interfonctionnement de systèmes différents ont été groupées dans ce modèle, en fonction de critères déterminés. C'est ainsi qu'on dispose d'une structure à couches (layered structure) avec des interfaces définies entre chacune d'elles (fig. 8).

La description des couches et des interfaces n'a qu'un caractère purement fonctionnel et ne saurait fournir des renseignements quant à leur implantation physique dans un système réel.

Le modèle ISO présente les fonctions du système en sept couches, chacune d'elles utilisant les fonctions des couches inférieures dans le sens d'un service, par l'entremise d'une interface définie. Cette conception est facile à comprendre si l'on raisonne par analogie et que

sekretariaten und der Spedition, zwischen der Spedition und dem örtlichen Postbüro, zwischen den Postbüros und der Bahn usw. Auch bei diesem Analogiebeispiel ist es unwesentlich, wie die einzelnen Funktionen in Tat und Wahrheit verwirklicht sind. Es ist ohne weiteres denkbar, dass etwa in einem kleinen Unternehmen die Sekretärin den Brief selbst zur Post bringt. Wesentlich ist nur, dass das Format des Briefes und die darin enthaltenen Angaben (Adresse, Dringlichkeitsvermerk, Registraturnummer und ähnliches mehr) so vollständig und eindeutig sind, dass der Brief im allenfalls anders organisierten Partnerunternehmen ohne Schwierigkeiten richtig behandelt werden kann. Welches Format der Brief haben und welche Information darin enthalten sein muss, kann nur aufgrund von Modellvorstellungen über die Organisation der Unternehmen festgelegt werden. Letzte Aussage gilt in viel grösserem Ausmass für das Architekturmodell offener Datensysteme, kommunizieren dort doch unintelligente Maschinen ohne kreatives Interpretationsvermögen miteinander.

Die strukturierte Beschreibung der Funktionen im Architekturmodell ist unerlässlich, um das funktionelle Verhalten der Systeme und die Schnittstelle zwischen den Systemen vollständig, eindeutig und zweckmässig festlegen zu können. *Figur 9* zeigt die sieben Ebenen des ISO-Modells mit ihren Bezeichnungen. Die Gruppierung der Funktion in die verschiedenen Ebenen erfolgte willkürlich, wobei allerdings eine Reihe von Kriterien berücksichtigt wurde, um die Aufteilung möglichst logisch und zweckmässig zu erhalten.

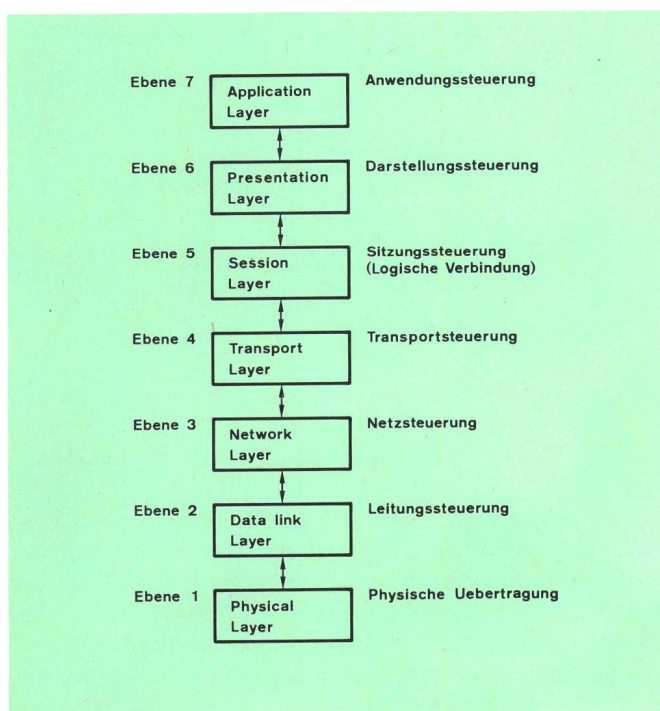


Fig. 9
Sichtenmodell der ISO-Architektur für «offene Systeme» — Modèle des couches de l'architecture ISO pour les «systèmes ouverts»
Ebene — Niveau
Anwendungssteuerung — Contrôle d'application
Darstellungssteuerung — Contrôle de représentation
Sitzungssteuerung (logische Verbindung) — Contrôle de séance (liaison logique)
Transportsteuerung — Commande du transport
Netzsteuerung — Commande du réseau
Leitungssteuerung — Commande de liaison
Physische Übertragung — Transmission physique

l'on compare ces systèmes avec le fonctionnement d'une entreprise commerciale. Une couche, par exemple le secrétariat du même département de deux maisons différentes, requiert les services d'autres couches hiérarchiquement inférieures, par exemple du service d'expédition, de la poste publique, de l'entreprise de transport puis, en dernier lieu, du quai et du wagon de chemin de fer. Des interfaces définies existent entre les secrétariats de département et l'expédition, entre l'expédition et le bureau de poste local, entre ce dernier et le chemin de fer, etc. Dans cet exemple aussi, il importe peu de savoir réellement comment s'opèrent ces différentes fonctions. Il est tout à fait plausible que, dans une petite entreprise, la secrétaire porte elle-même la lettre à la poste. La seule chose qui est déterminante est que le format de la lettre et les indications contenues (adresse, degré d'urgence, numéro d'archivage, etc.) soient complets et précis de manière que la lettre puisse être traitée correctement et sans difficulté par l'entreprise partenaire qui sera peut-être organisée différemment. Le format et les informations figurant dans la lettre ne pourront être fixés qu'en fonction de renseignements servant de modèle, concernant l'organisation de l'entreprise. Cette règle s'applique à plus forte raison au modèle d'architecture de systèmes de données ouverts, puisque là des machines dépourvues d'intelligence et sans pouvoir d'interprétation créatif communiquent ensemble.

La description structurée des fonctions d'un modèle d'architecture est indispensable si l'on veut prescrire intégralement, sans ambiguïté et de manière appropriée le comportement fonctionnel des systèmes et des interfaces entre les systèmes. La *figure 9* présente les sept couches du modèle ISO et leur désignation. Le groupement des fonctions aux différents niveaux a eu lieu de manière arbitraire, bien que toute une série de critères fût prise en considération, ce qui a permis d'obtenir une répartition autant que possible logique et pratique.

Il n'est pas prévu ici d'aborder plus en détail la répartition des fonctions sur chacune des couches. Le *tableau I* en contient une liste incomplète à titre d'exemples. Pour d'autres explications, on se référera à [11].

Plus d'un lecteur se sera demandé ce que le modèle d'architecture de la commutation par paquets a de commun avec les services des télécommunications des PTT. A deux égards, le modèle d'architecture en question est d'une importance capitale pour toute la conception des télécommunications et leur administration:

- D'une part, — ce thème ne sera pas non plus traité plus en détail ici — les équipements de commutation modernes commandés par processeur peuvent être considérés comme des systèmes de données communiquant ensemble par l'intermédiaire d'un réseau national ou international. Ils sont en quelque sorte les exemples typiques de systèmes ouverts. S'appuyant sur ces conclusions, le CCITT s'est penché attentivement sur les travaux de l'ISO et il envisage de fonder ses futurs Avis relatifs à la collaboration internationale des systèmes de commutation sur l'architecture normalisée ISO.
- D'autre part, l'architecture normalisée est, bien entendu, d'une importance déterminante pour la

Tabelle I. Beispiele von Funktionen der sieben Ebenen

Ebene	Funktionen
Anwendung	Identifikation der Kommunikationspartner Beurteilung der momentanen Verfügbarkeit der Kommunikationspartner Berechtigungsprüfung für Kommunikation Wahl der Übermittlungsparameter (Dienstqualität, Priorität usw.) entsprechend Anwendung
Darstellung	Code- und Alphabetwandlung Formatanpassung Wahl der geeigneten Syntax entsprechend Anwendung
Sitzung	Aufbau und Aufrechterhaltung logischer Verbindungen (Zuordnung) zwischen bestimmten Verarbeitungseinheiten Verbindungsidentifikation Dialogsteuerung
Transport	Aufbau und Überwachung von Duplex-Übermittlungspfaden Anpassung an unterschiedliche Netzeigenschaften End-zu-End-Fehlerkontrolle Segmentierung und Blockbildung Adressübersetzungen
Netz	Verbindungslenkung Aufbau und Überwachung von Netzverbindungen Verbindungsmultiplexierung Netzabhängige Fehlerüberwachung Flusssteuerung, Verwaltung der Netzressourcen
Leitung	Leistungsaktivierung/-desaktivierung Übertragungssteuerung Übertragungsfehlerüberwachung Blocksynchronisation Wahl des geeigneten von mehreren physischen Übertragungspfaden
Physische Übertragung	Parallel/Serie-Wandlung Anpassung an Physik unterschiedlicher Übertragungsmedien Synchronisation von Informationselementen (Bits) Zusammenschaltung von Abschnitten unterschiedlicher Übertragungsmedien Zustandsüberwachung und -signalisation

Tableau I. Exemple de fonctions des sept couches

Couche	Fonctions
Application	Identification des correspondants Analyse de la disponibilité momentanée des correspondants Test de justification de la communication Choix des paramètres de transmission (qualité de service, priorité, etc.) suivant l'application envisagée
Présentation	Conversion du code ou de l'alphabet Adaptation du format Choix d'une syntaxe correspondant à l'application prévue
Séance	Etablissement et maintien de communications logiques (attribution) entre des unités de traitement déterminées Identification de liaison Commande du dialogue
Transport	Etablissement et contrôle des voies de transmission en duplex Adaptation aux caractéristiques spécif. du réseau Contrôle des erreurs de bout en bout Segmentation et formation des blocs Compilation des adresses
Réseau	Acheminement de l'appel Etablissement et surveillance des liaisons réseau Multiplexage de la liaison Contrôle des erreurs en fonction du réseau Contrôle de flux, gestion des ressources du réseau
Liaison	Activation et interruption de la communication Commande de la transmission Surveillance des erreurs de transmission Synchronisation des blocs Sélection de la voie physique de transmission la mieux appropriée
Transfert physique	Conversion parallèle/série Adaptation à des moyens de transmission physiques différents Synchronisation des éléments d'information (bits) Interconnexion de sections de transmission différentes Surveillance et signalisation de l'état

Es soll an dieser Stelle nicht weiter auf die Zuordnung der Funktionen auf die einzelnen Ebenen eingegangen werden. *Tabelle I* enthält eine unvollständige Aufzählung von Funktionen der sieben Ebenen als Beispiele. Für weitere Erklärungen sei auf [11] verwiesen.

Mancher wird sich nun fragen, was das Architekturmodell mit der Paketvermittlung und den Fernmeldediensten der PTT zu tun habe. Das Architekturmodell ist vor allem aus zwei Gründen von wesentlicher Bedeutung für das Fernmeldewesen und die Fernmeldeverwaltung:

- Einerseits — und auch darauf soll hier nicht weiter eingegangen werden — können moderne, rechnergesteuerte Vermittlungseinrichtungen als Datensysteme betrachtet werden, die im nationalen und im internationalen Netz miteinander kommunizieren. Sie sind damit typische Beispiele offener Systeme. Aus dieser Erkenntnis heraus befasst sich das CCITT stark mit den Arbeiten der ISO und beabsichtigt, die ISO-Standardarchitektur seinen künftigen Empfeh-

conception des services téléinformatiques publics (réseaux de données commutés, vidéotex, téléfax, etc.) des administrations des télécommunications.

Ces services, s'ils sont effectivement mis à profit à de très nombreuses fins, doivent être conçus en tant que systèmes «ouverts», au sens de l'architecture ISO. Cela signifie entre autres choses que les interfaces entre les réseaux de données et les systèmes d'utilisateurs raccordés (désignés dans le chapitre précédent par «terminaux»!) doivent répondre aux exigences de l'architecture normalisée. C'est seulement ainsi que les réseaux commutés de données publics pourront être utilisés à l'avenir sans mesure d'adaptation coûteuse, en tant qu'éléments de réseaux de données (systèmes de transport). Il faudra cependant pour cela que l'architecture ISO soit reconnue et diffusée en tant que norme.

Au vu de ces considérations, l'ISO et le CCITT ont déjà coordonné leurs efforts aux cours de la dernière période d'étude du CCITT (1977... 1980) et sont convenus

lungen für die internationale Zusammenarbeit der Vermittlungssysteme zugrunde zu legen.

- Andererseits ist die Standardarchitektur natürlich von ausschlaggebender Bedeutung für die Gestaltung der öffentlichen Teleinformatikdienste (Datenwählnetz, Videotex, Teletex usw.) der Fernmeldeverwaltungen. Diese — sollen sie künftig tatsächlich in erheblichem Umfang benützt werden — müssen als (offene) Systeme im Sinne der ISO-Architektur verstanden werden. Das heisst unter anderem, dass die Schnittstellen zwischen den Datennetzen und den angeschlossenen Benützersystemen (im vorangehenden Abschnitt als Endgeräte bezeichnet!) den Bedingungen der Standardarchitektur zu gehorchen haben. Nur so werden beispielsweise öffentliche Datenwählnetze in Zukunft ohne kostspielige Anpassungsmassnahmen auch als Bestandteile (Transportsysteme) für ganze Datennetzwerke verwendet werden können. Voraussetzung ist jedoch die Anerkennung und Verbreitung der ISO-Standardarchitektur als Norm.

ISO und CCITT haben aufgrund dieser Erwägungen schon während der letzten CCITT-Studienperiode (1977...1980) ihre Anstrengungen koordiniert und eine Arbeitsteilung abgesprochen. Das CCITT befasst sich demnach mit der Normierung der drei untersten Ebenen

d'une répartition du travail. Le CCITT se charge de la normalisation des trois couches inférieures de l'architecture, alors que l'ISO définit les autres couches.

Mêmes si les travaux se rapportant à l'interface X.25 relatifs aux réseaux de commutation par paquets ont commencé avant que le modèle ISO soit créé, on a pu coordonner les tâches des deux comités. L'Avis X.25 est également formulé sur trois niveaux

- 1 Niveau physique
- 2 Procédure de ligne
- 3 Niveau de paquets

Il s'agit des trois niveaux inférieurs du modèle ISO (fig. 10). L'interface X.25 représente ainsi une part importante d'une future architecture normalisée pour réseaux de données, c'est-à-dire tout un ensemble de prescriptions ou de règles prévues pour l'interfonctionnement de systèmes de données différents quant à leur conception, leur application, leur fabricant.

On notera en outre que la structure du modèle ISO a été entièrement reprise dans la formulation des Avis du CCITT se rapportant au Télétex (téléimprimeurs de bureau).

Dans un prochain article, on traitera plus en détail du réseau pilote Télépac des PTT suisses, qui se fonde sur les principes qui viennent d'être exposés.

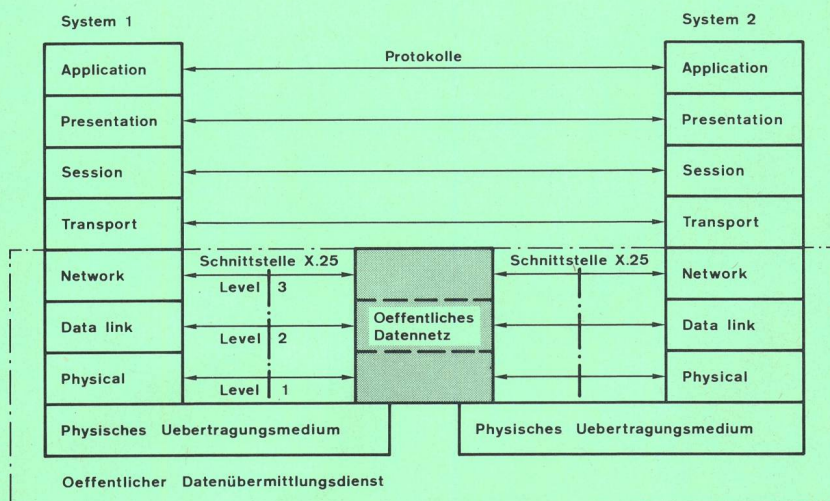


Fig. 10
X.25 im ISO-Architekturmodell — Interface X.25 du modèle d'architecture ISO

System — Système

Protokolle — Protocoles

Application — Anwendungssteuerung — Contrôle d'application

Presentation — Darstellungssteuerung — Contrôle de représentation

Session — Sitzung — Séance

Transport — Transportsteuerung — Commande du transport

Network — Netzsteuerung — Commande du réseau

Data link — Datenleitung — Ligne de données

Physical — Physikalisch — Physique

Level — Ebene — Niveau

Schnittstelle — Interface

Öffentliches Datennetz — Réseau de données public

Physisches Übertragungsmedium — Moyen de transmission physique

Öffentlicher Datenübermittlungsdienst — Service public de communication de données

der Architektur, die ISO definiert die übrigen Schichten. Wenn auch die Arbeiten an der Anschlussschnittstelle X.25 für Paketvermittlungsnetze vor Bestehen des ISO-Modells begannen, so konnte doch die Übereinstimmung erreicht werden. Die Empfehlung X.25 ist denn auch auf drei Ebenen formuliert

1. physikalische Ebene
2. Leitungsprozedur
3. Paketebene

Dies entspricht den drei untersten Ebenen des ISO-Modells (Fig. 10). Die Schnittstelle X.25 stellt somit einen wesentlichen Bestandteil einer künftigen Standardarchitektur für Datennetze, das heisst eines ganzen Satzes von Vorschriften und Regeln für die Zusammenarbeit von Datensystemen unterschiedlicher Prägung, Anwendung und Hersteller, dar.

Nebenbei sei bemerkt, dass die Struktur des ISO-Modells auch für die Formulierung der Teletex-(Bürofern-schreiben-)Empfehlungen des CCITT voll übernommen wurde.

In der nächsten Ausgabe der «Technischen Mitteilungen PTT» soll auf das Pilotnetz Telepac der Schweizerischen PTT-Betriebe näher eingetreten werden, das auf den geschilderten Voraussetzungen basiert.

Bibliographie

- [1] Werndli J. Datenübertragung auf dem Telefonnetz. Betriebsmöglichkeiten und Installationen. Bern, Techn. Mitt. PTT 54 (1976) 8, S. 312.
- [2] Lutz H.-P. Datenübertragung bei den PTT-Betrieben — eine Standortbestimmung. Bern, Techn. Mitt. PTT 53 (1975) 2, S. 62.
- [3] Kündig A. Einführung in die Technik und das Konzept neuer Datennetze. Zürich, Bull. des Schweiz. Elektrotechn. Vereins 71 (1980) 15, S. 793, oder STEN 1980: Datennetze — eine schweizerische Standortbestimmung. Sonderdruck aus dem Bulletin SEV.
- [4] Pouzin L. Recent Developments in Data Networks. Newton, Computer World 12 (1978) 49.
- [5] Pouzin L. and Zimmermann H. A Tutorial on Protocols. New York, Proceedings of the IEEE 66 (1978) 11, p. 1346.
- [6] Halsey J. R., Hardy L. E. and Powning L. F. Public Data Networks: Their Evolution, Interfaces and Status. New York, IBM Systems Journal 18 (1979) 2, p. 223.
- [7] Pitteloud J. Principes de la commutation par paquet. Goldach, Output 9 (1980) 9 bis 10 und (1981) 5.
- [8] Kündig A. Neue internationale Normen für die Datenübertragung. Bern, Techn. Mitt. PTT 58 (1980) 9, S. 311.
- [9] Fürst F. X.25, die neue Schnittstelle für Paketvermittlung. Laufenburg, Sysdata und Bürotechnik 79 (1979) 3, S. 13.
- [10] Final report on the work of SG VII during the period 1977—80, Part III.1 (Rec. x.1—x.24) and III.2 (Rec. x.25). CCITT, Doc. AP VII Nrs 6 and 7, June 1980.
- [11] ISO, TC 97/SC 16 Draft proposal 7498. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model, Dec. 1980.