

X.25 und Frame Relay

KURZFASSUNG

36 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	2
2	Grundlagen der Datenvermittlung.....	3
2.1	Netzelemente.....	3
2.2	Verbindungs- und Betriebsmöglichkeiten.....	4
2.3	Benutzerklassen	4
3	Paketvermittlung	7
3.1	Datex-P	8
3.1.2	Die X.25 Schnittstelle.....	9
3.1.3	X.25 Paketvermittlung.....	11
3.1.3.1	Pakettypen.....	13
3.1.3.2	Das Protokoll der Schicht 2 der Empfehlung X.25.....	14
3.1.3.3	Schicht-2 -Protokoll (nach Kühn)	17
3.1.3.4	Schicht 3 Protokoll (Empfehlung X.25)	19
3.1.4	Protokoll X.75	20
3.1.5	PAD-Einsatz	22
3.2	Frame Relay	23
3.2.1	FR-Basisfunktion	24
3.2.2	FR-Verbindungen	26
3.2.3	FR-Zugangskomponenten	27
3.2.4	Verkehrssteuerung in FR-Netzen	28
3.2.4.1	Überlastprobleme in FR-Netzen	28
3.2.4.2	Verkehrssteuerung am Netzeingang	30
3.2.4.3	Signalisierung von Überlastsituationen.....	31
3.2.5	FR-Einsatz.....	32
4	Kontrollfragen	33
5	Bilder und Tabellen.....	34
6	Abkürzungen	35
7	Literatur	36

1 Übersicht

Die Datenübertragung ist an keine bestimmte, typische Vermittlungstechnik gebunden. Bis zur Einführung des ISDN ist die Entwicklung dieser Netze jedoch dienstspezifisch verlaufen (dedicated networks — dienstspezifische Netze).

Dienstspezifische Netze zur Datenübertragung sind:

- Das Telex-Netz war das erste Netz zur Übertragung von Daten (Texten). Es war vermittlungstechnisch wie das Fernsprechnet aufgebaut und hat elektrisch durchgeschaltete Verbindungen benutzt. Es wird heute über das Datex-L-Netz abgewickelt und hat wegen der geringen Übertragungsrates keine wesentliche Bedeutung mehr.
- Datex-L arbeitet leitungsvermittelt, d.h. unabhängig davon ob Daten übertragen werden oder nicht, wird dem Teilnehmer ein Übertragungsweg zur exklusiven Nutzung bereitgestellt. Der Anschluss wird synchron oder asynchron mit jeweils einer aus mehreren Geschwindigkeitsstufen angeboten.
- Datex-P arbeitet paketvermittelt und verbindungsorientiert. Das Multiplexen von Informationspaketen ist für die Verbindung von Datenverarbeitungsanlagen vorteilhaft, weil dadurch Übertragungskapazität gespart werden kann. Das Netz ist einstufig, voll vermascht. Die Vermittlungsanlagen sind Rechner, die virtuelle Verbindungen verwalten und Datenpakete vermitteln.
- Datendirektverbindungen werden über asynchrone oder bei höheren Bitraten synchrone Übertragungssysteme im Übertragungsnetz geschaltet. Es erfolgt keine Vermittlung, Direktverbindungen sind zwischen zwei Teilnehmern ständig geschaltet.
- Metropolitan Area Network. Dieses realisiert den Datentransport über ein paketorientiertes Breitbandnetz. Das Netz besteht aus mehr als 10 Einwahlknoten, die durch Glasfaserleitungen verbunden sind. Der Datentransport erfolgt im Netz mit 34 Mbit/s. Der Zugang ist mit 64 kbit/s bis maximal 25 Mbit/s möglich.

Weiters gibt es noch nicht datendienstspezifische Netze, in denen Datenübertragung durchgeführt wird wie das Fernsprechnet (Modem, Telefax), das Schmalband-ISDN und das Breitband-ISDN (ATM).

Besondere Bedeutung für die Datenübertragung hat die offene Kommunikation nach dem OSI-Referenzmodell¹ der International Standards Organization².

Datenkommunikation über öffentliche Netze erfordert je nach Anwendungsfall unterschiedliche „Dienstleistungen“ des Netzes. Diese reichen von der Bereitstellung einer Leitung oder eines Kanals mit bestimmten Übertragungseigenschaften über die Bereitstellung gesicherter Übertragung auf einem Kanal bis zur Inanspruchnahme von Kanal- oder Nachrichtenvermittlung. Die im OSI-Referenzmodell festgelegten Funktionen der einzelnen Kommunikationsschichten sichern dabei die Kompatibilität der vielfältigen Protokolle und Systeme.

Schlüsselwörter

Dienstspezifische Netze, Datenübertragungseinrichtung, Datenendeinrichtung, Benutzerklasse, Paketvermittlung, Datagramm bzw. Message Switching, virtuelle Verbindung, Empfehlung X.25, Datex-P, logischer Kanal, Protokoll X.75, Packet Assembly/Disassembly, Frame Relay, Frame-Relay-Forum, Verkehrssteuerung in FR-Netzen

¹ OSI: Open Systems Interconnection

² ISO: International Standards Organization

2 Grundlagen der Datenvermittlung

Merkmal der Datenkommunikation ist die Übertragung von Zeichenfolgen zwischen Kommunikationsquelle und Kommunikationssenke. Die Zeichen bestehen in ihrer ursprünglichen Form aus binären Signalen und können einen von zwei möglichen Zuständen haben (1 oder 0). Die Übertragung der Zeichen kann analog oder digital erfolgen. Die analoge Übertragung von Daten erfordert eine Wandlung der binären Signale in analoge Signale – Modulation - die beim Empfänger wieder in binäre Signale - Demodulation - rückgewandelt werden müssen.

(1) Quellen und Senken der Datenkommunikation sind die Datenstationen. Diese bestehen aus einem übertragungstechnischen Teil, der Datenübertragungseinrichtung (DÜE), und einem Endgerät, der Datenendeinrichtung (DEE). Die Verbindung zwischen zwei Datenstationen durch das Datennetz wird über mindestens eine Datenvermittlungsstelle durchgeschaltet.

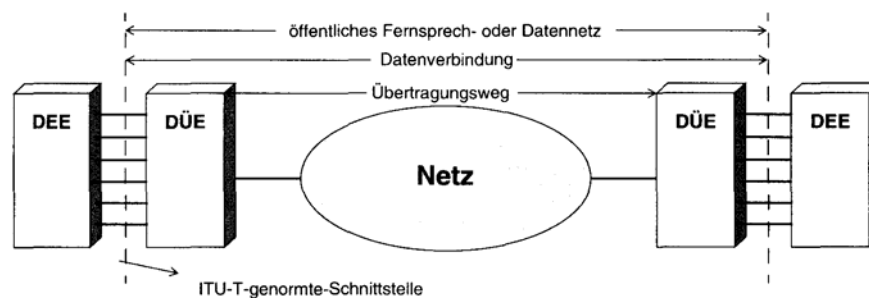


Bild 1 Modell für die Datenkommunikation

2.1 Netzelemente

Daten-Übertragungseinrichtung DÜE

(2) In öffentlichen Netzen wird die DÜE in der Regel vom Netzbetreiber bereitgestellt. In der DÜE werden die von der DEE gesendeten digitalen Signale an die Übertragungsstrecke angepasst. Umgekehrt wird das über Strecke empfangene Signal an die physikalischen Bedingungen der DEE angepasst.

Bei digitaler Übertragung der Datensignale ist die DÜE eine Schnittstellenanpassung (Interface), bei der analogen Übertragung ein Modem (Modulator & Demodulator).

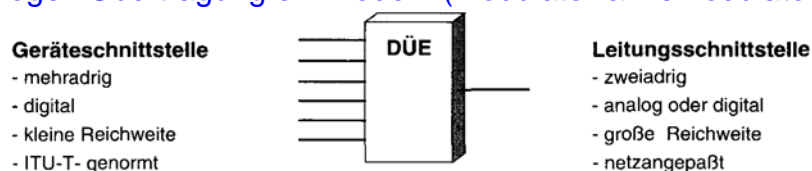


Bild 2 Schnittstellen der Datenübertragungseinrichtung

Daten-Endeinrichtung DEE

Datenendeinrichtungen sind von einfachen Ein-/Ausgabegeräten bis hin zu Großrechneranlagen beliebige Geräte oder auch Datennetze, die die eigentlichen Quellen und Senken der Datenkommunikation sind. Datenendeinrichtungen sind über DÜE an das öffentliche Datennetz (oder auch Fernsprechnet) angeschlossen.

Datenvermittlungsstellen

Vermittlungsstellen für digitale Datenverbindungen sind Rechner. Die Vermittlung selbst ist innerhalb des Rechners ein Umspeichervorgang bzw. ein Ein- und Ausgabevorgang.

2.2 Verbindungs- und Betriebsmöglichkeiten

Punkt-zu-Punkt-Verbindung (point to point)

(3) Die einfachste Direktverbindung zwischen zwei Endeinrichtungen ist die Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung ist im einfachsten Fall eine Kupferdoppelader (ein transparenter Übertragungsweg) zwischen zwei Datenendeinrichtungen.

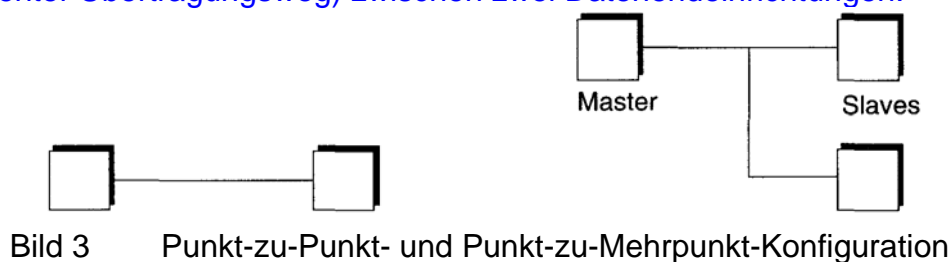


Bild 3 Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Mehrpunkt-Konfiguration

Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (point to multipoint)

Basiskonfiguration zum gemeinsamen Anschluss einer Anzahl von Endgeräten (z.B. ein Master an zentraler Stelle).

Duplex/Halb-Duplex

Normalerweise erfolgt eine Datenübertragung zwischen verbundenen Endeinrichtungen immer in beiden Kommunikations-Richtungen. Werden die Daten gleichzeitig in beide Richtungen übertragen, nennt man dies eine Duplex-Übertragung (Zweiweg-Simultan-Übertragung). Wird immer nur eine Richtung gleichzeitig übertragen, kann aber zwischen beiden Richtungen umgeschaltet werden, nennt man dies Halbduplex (zeitliche Trennung der Richtungen).

Simplex

Im Simplex-Betrieb ist die Datenübertragung nur in einer Richtung möglich. Diese Übertragungsform kommt in heutigen Datenübermittlung kaum vor. Ein Beispiel für eine derartige Übertragung ist die Druckerverbindung an einem PC.

2.3 Benutzerklassen

(4) Die Benutzerklassen teilen die verschiedenen Datenkommunikationsmöglichkeiten systematisch in Kategorien ein. Unter einer Benutzerklasse werden Teilnehmeranschlüsse mit gleichen Betriebsmerkmalen hinsichtlich Signalisierung und Übertragungsgeschwindigkeit verstanden. Nach ITU-T-Empfehlung X.1 werden drei Fälle unterschieden:

- Start-Stopp-Betrieb
- Synchronbetrieb
- Paketbetrieb

Start-Stopp-Betrieb

(5) Bei Start-Stopp-Betrieb werden einzelne Zeichen (characters) asynchron übertragen. Das Zeitraster zur Erkennung der Signale 0 oder 1 muss bei jedem übertragenen Zeichen erneut hergestellt werden. Hierzu werden die Zeichen (Daten) zwischen einem definierten Startschritt und einem definierten Stoppschritt verpackt. Start- und Stoppschritt kennzeichnen eindeutig Beginn und Ende eines Zeichens.

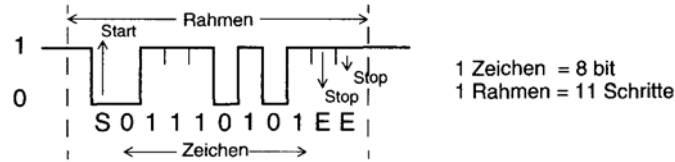


Bild 4 Rahmen beim Start-Stopp-Betrieb

Zur Erkennung der einzelnen binären Schritte 0 und 1 muss ein lokaler Taktgenerator verwendet werden. Die Darstellung der Signalisierung erfolgt nach dem Internationalen Alphabet Nr. 5. Der Start-Stopp-Betrieb ist eine Übertragungsform aus der elektromechanischen Ära und wird zunehmend abgelöst durch Synchron- bzw. Paketbetrieb.

Benutzerklasse ³	Datenübertragungsrate	Signalisierung
1	300 bit/s, Start-Stopp	300 bit/s, Start-Stopp
2	50-200 bit/s, Start-Stopp	50-200 bit/s Start-Stopp

Tabelle 1 Benutzerklassen für den Start-Stopp-Betrieb (ITU-T X.1)

Synchronbetrieb

(6) Bei Synchronbetrieb stellt das Netz den Zeittakt für die Synchronisation der Übertragung bereit. Die Teilnehmer-Schnittstelle zum Netz besitzt daher mehrere Anschlussleitungen für Sendedaten und Empfangsdaten, Steuerung sowie Zeichentakt. Die Einzelheiten hierzu legt die ITU-T-Empfehlung X.21 fest.

Zur Darstellung der Steuerinformationen wird das Internationale Alphabet Nr. 5 verwendet.

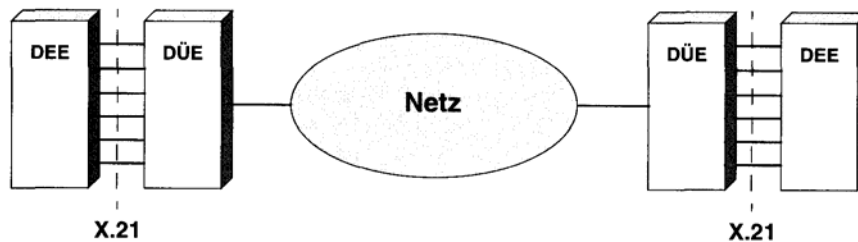


Bild 5 Festlegung der X.21-Schnittstelle

An der Leitungsschnittstelle steht nur ein Leitungspaar für bitserielle Übertragung zur Verfügung. Dabei werden den eigentlichen Datenbits zusätzliche Bits hinzugefügt, mit deren Hilfe die Synchronisation und Teile der Signalisierung ausgeführt werden. Der größte Teil der Signalisierung erfolgt im Datenfeld.

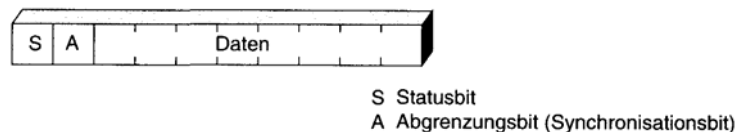


Bild 6 Rahmenstruktur bei der synchronen Übertragung

³ Telex fällt nicht unter diese Benutzerklassen, da die Signalisierung nach dem Internationalen Alphabet Nr. 2. erfolgt

Nachteile des Synchronbetriebs bzw. der Leitungsvermittlung sind:

- beide in Verbindung stehenden Endsysteme müssen mit gleicher Bitrate senden und empfangen,
- es ist eine physikalische Verbindung erforderlich,
- bei „Zusammenbruch“ der Leitung wird die Datenkommunikation unterbrochen.

Benutzerklasse	Datenübertragungsrate (netto)	Signalisierung
3	600 bit/s	600 bit/s
4	2400 bit/s	2400 bit/s
5	4800 bit/s	4800 bit/s
6	9600 bit/s	9600 bit/s
7	48000 bit/s	48000 bit/s

Tabelle 2 Benutzerklassen für den Synchronbetrieb (nach ITU-T X.1)

Paketbetrieb

(7) Bei Paketbetrieb werden die Nachrichten bereits an der Teilnehmer-Schnittstelle in Paketform angeliefert. Der Aufbau eines Paketes folgt dabei vorgeschriebenen Formatvorschriften, die in der ITU-T-Empfehlung X.25 definiert sind.

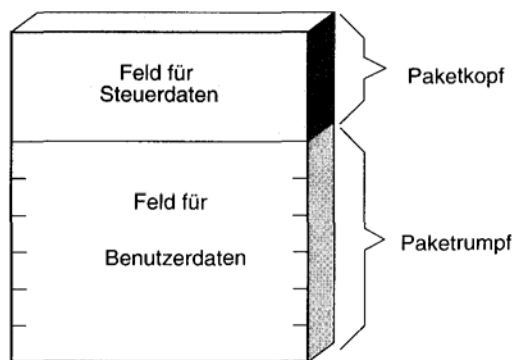


Bild 7 Grundsätzlicher Paket-Aufbau

Das Datenpaket besteht aus einem Paketkopf (Header) sowie dem Pakettrumpf, in dem die eigentlichen Daten liegen. Der Paketkopf enthält Steuerdaten, anhand derer die Pakete durch das Übermittlungsnetz geleitet werden. Die Steuerinformationen in den Paketköpfen beziehen sich auf bestimmte, bereits aufgebaute Verbindungen. Zum Verbindungsaufbau und -abbau selbst sowie zur Aufrechterhaltung des Betriebs werden spezielle Steuerpakete verwendet, die selbst keine Nutzdaten transportieren. Die Datenübertragung erfolgt meist synchron, teilweise werden sogar die Festlegungen des Synchronbetriebs direkt verwendet (DATEX-P verwendet die X.21-Schnittstelle zur Datenübertragung).

Benutzerklasse	Datenübertragungsrate	Signalisierung
8	2400 bit/s	2400 bit/s
9	4800 bit/s	4800 bit/s
10	9600 bit/s	9600 bit/s
11	48000 bit/s	48000 bit/s
13	64000 bit/s	64000 bit/s

Tabelle 3 Benutzerklassen für den Paketbetrieb (nach ITU-T X.1)

3 Paketvermittlung

(8) Ursprung der Paketvermittlung ist das als Store-and-Forward-Prinzip bzw. Speichervermittlung bezeichnete Übermittlungsverfahren, bei dem die beiden kommunizierenden Endsysteme mit unterschiedlichen Bitraten arbeiten können. Man unterscheidet die Dienste

- Datagramm bzw. Message Switching (Übermittlung der ganzen Datei) und
- virtuelle Verbindung (paketweise Übermittlung der Datei).

Wird eine große Datei als ein Datenblock über das Netz übertragen, so muss sie zuerst in dem unterwegs liegenden Netzknoten vollkommen aufgenommen werden. Erst dann, wenn sie frei von Übertragungsfehlern ist, kann eine positive Quittung (Bestätigung) an das Quell-Endsystem zurückgesendet werden. Falls die Übertragung fehlerfrei war, wird die Datei im nächsten Schritt weiter gesendet. Falls im Knoten Übertragungsfehler festgestellt wurden, wird eine negative Quittung an das Quell-System gesendet, und die Übertragung der ganzen Datei muss wiederholt werden.

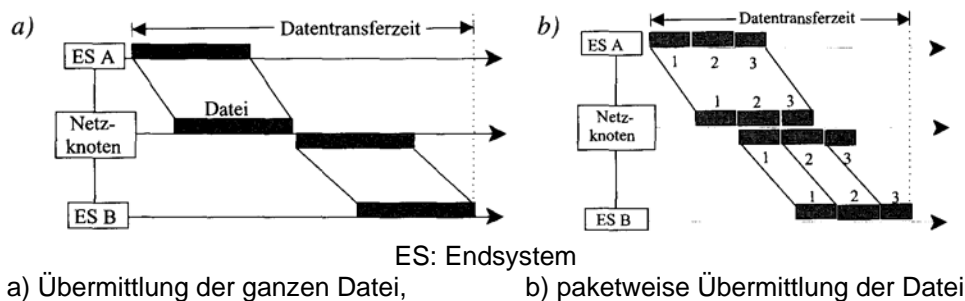


Bild 8 Datenüberzeit

(9) Bei einer sehr großen Datei (z.B. einige GByte) und einer Leitung mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 64 kbit/s ist für die Übertragung ein beträchtlicher Zeitaufwand erforderlich der jedoch stark sinkt, wenn diese Datei als eine Folge von Segmenten übertragen wird. Um die Original-Datei am Ziel aus den empfangenen Segmenten zurückzugewinnen zu können muss jedes Datei-Segment für die Übertragung z.B. durch Nummer und Markieren des letzten Segments entsprechend ergänzt werden. Die derart gebildeten Datenpakete können sobald sie im Knoten fehlerfrei eingetroffen sind sofort weiter gesendet werden. Durch paralleles Empfangen auf einer Leitung und Senden auf einer anderen wird die Datenüberzeit reduziert. Die dadurch entstehenden Gewinne sind direkt proportional zur Anzahl der Knoten auf dem Weg zwischen den beiden Quell- und Ziel-Endsystemen.

Eine nach diesem Prinzip aufgebaute Verbindung wird als virtuelle Verbindung bezeichnet. Sie besteht aus einer Aneinanderreihung mehrerer logischer Kanäle und deren logische Verknüpfung in den Netzknoten. Der „Verbindungsweg“ für eine virtuelle Verbindung ist also die Verkettung logischer Kanäle die von der als Verkehrsquelle wirkenden DEE ausgeht und abschnittsweise über alle an der Verbindung beteiligten Paketvermittlungen hinweg bis zur abnehmenden DEE führt. Man unterscheidet zwischen

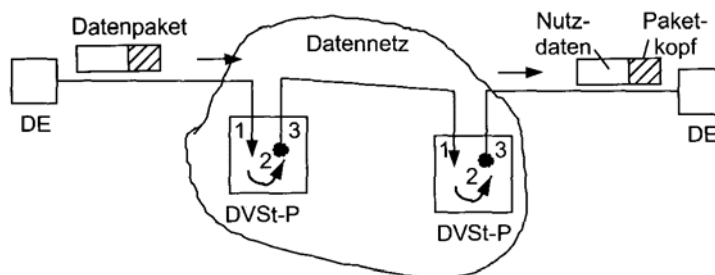
- virtuellen Wählverbindungen und
- virtuellen Festverbindungen
die dem Nutzer die Bedingungen einer konventionellen Punkt-zu-Punkt-Verbindung (Standleitung) bietet und von ihm beim Netzbetreiber beauftragt werden muss.

Die virtuelle Verbindung ist ein hervorstechendes Dienstmerkmal eines Paketvermittlungsnetzes und bietet den an das Netz angeschalteten Terminals bis zu einem gewissen Grade die Eigenschaften einer real durchgeschalteten Verbindung. Sie garantiert, dass alle gesendeten Pakete datengesichert und in der Sendereihenfolge zum Ziel gelangen.

3.1 Datex-P

(10) Das paketvermittelnde Datennetz Datex-P ist ein offenes Kommunikationssystem. Ein Datenpaket besteht aus einer begrenzten Anzahl von 8-Bit-Gruppen (Oktett) mit einer vorgeschriebenen Struktur. Die Paketstruktur ist in der ITU-T-Empfehlung X.25 festgelegt. Die Datenpakete bestehen aus einem Paketkopf mit Steuerinformationen und dem Paketrumpf, in dem die eigentlichen Nutzdaten oder Signalisierungsinformationen übertragen werden. Im DATEX-P-Netz der Datakom Austria ist die maximale Länge eines Paketes auf 128 Oktett festgelegt. Neben diesen Datenpaketen gibt es noch Steuerpakete, die keine Daten transportieren, sondern dem Verbindungsauf- und -abbau sowie der Steuerung des Datenflusses dienen. Die Datex-P-Netzknöten empfangen die Pakete, werten den Paketkopf (Adressenzuordnung Absender — Empfänger und Steuerinformationen) aus und leiten die Pakete über 64-kbit/s-Übertragungswege weiter. Bei Nichtverfügbarkeit abgehender Wege durch Überlastung oder Ausfall können je nach Routingstrategie alternative Wege (Umwege, Überlaufwege) zum Erreichen des Zielknötens genutzt werden. Nutzer des Datex-P müssen sich an fest definierten Nutzer-Netz-Schnittstellen fixierten Standards für den Netzzugang unterwerfen.

An Paketvermittlungen können über die Anschlussleitungen neben den im Paketmodus arbeitenden DEE auch solche mit nicht paketorientiertem Übertragungsmodus mittels zusätzlicher Adaptionseinrichtungen (PAD) angeschlossen werden. Durch netzseitige Geschwindigkeitsanpassung können Endeinrichtungen auch mit unterschiedlichen Übertragungsgeschwindigkeiten arbeiten.



DE Datenendeinrichtung, DVSt-P Datenvermittlungsstellen für Paketmodus, 1 Empfang des Paketes, 2 Auswertung und eventuelle Zwischenspeicherung, 3 Weitersendung

Bild 9 Prinzip eines paketvermittelten Datennetzes

Paketvermittelte Netze passen unterschiedliche Geschwindigkeiten der DEE automatisch an. So wird möglich, dass DEE miteinander kommunizieren, die aufgrund von Inkompatibilitäten z.B. in einem leitungsvermittelten System niemals zusammenarbeiten dürfen.

(11) Paketvermittelte Telekommunikationsnetze bestehen aus:

- Datenendeinrichtungen (DEE),
- Übertragungswegen und
- Datenvermittlungsstellen

Die bei den Nutzern installierten Datenübertragungseinrichtung (DUE) sind wie die Endgeräte in anderen TK-Netzen kein Netzbestandteil.

Der Informationsaustausch zwischen zwei an das Datex-P-Netz angeschlossenen Datenstationen ist durch folgende ITU-T-Empfehlungen geregelt:

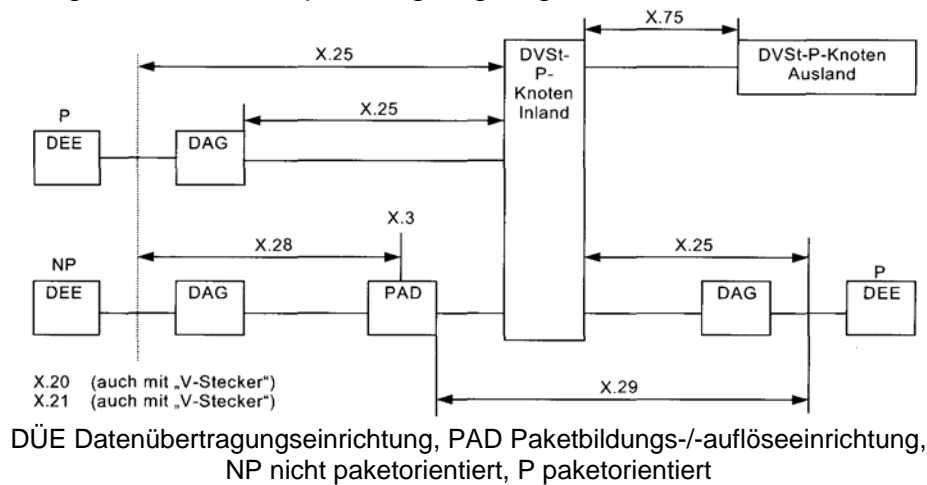


Bild 10 ITU-T--Empfehlungen im Bereich des Datex-P

- **(12)** Die Empfehlung X.25 behandelt Schnittstellen für DEE im Paketmodus für Anschlussbedingungen und die Kennzeichengabe (Prozeduren). Die Paketvermittlungsstelle DVSt-P ist während der Datenübermittlungsphase Gegenstück der DEE.
- Die Empfehlung X.75 gilt für die Zusammenarbeit zwischen nationalen und internationalen Paketnetzknotten.
- Die Empfehlung X.3 definiert eine Paketbildungs-/auflöseeinrichtung PAD⁴ für Schnittstellen, wo im Paketmodus arbeitende Einrichtungen mit anderen, nicht im Paketmodus arbeitenden Einrichtungen zusammenstoßen.
- Die Empfehlung X.28 regelt den Austausch der Steuer- und Nutzdaten zwischen einer im Start-Stopp-Modus arbeitenden DEE und einer PAD. Die PAD ersetzt die sonst an dieser Stelle vorhandene DUE.
- Die Empfehlung X.29 legt die Prozeduren auf dem Übertragungsabschnitt zwischen PADs und paketorientiert arbeitenden Datenendgeräten fest.

3.1.2 Die X.25 Schnittstelle

(13) Die Empfehlung X.25 ist nach dem OSI-Referenzmodell in den Schichten 1 bis 3 definiert und gilt zwischen der DEE und der DÜE. Da es eine DÜE für die Schicht 2 und 3 im eigentlichen Sinne bei X.25 nicht gibt wird die Vermittlungsstelle als DÜE betrachtet. X.25 gilt also zwischen DEE und DVST-P.

- Die **Schicht 1** bietet der DEE unmittelbaren Zugang zu den Schnittstellenleitungen und damit zum Telekommunikationsnetz. Die Empfehlung X.25 legt fest, dass die Bit-Übertragung gemäß der Empfehlung X.21 oder X.21bis erfolgt. Die Anpassung der parallelen X.21-Schnittstelle auf eine Zweidrahtleitung erfolgt durch ein Netzabschlussgerät. Die Schicht 1 stellt für die Schicht 2 einen duplexfähigen, bitseriellen Synchronanschluss bereit.

⁴ PAD Packet Assembly Disassembly

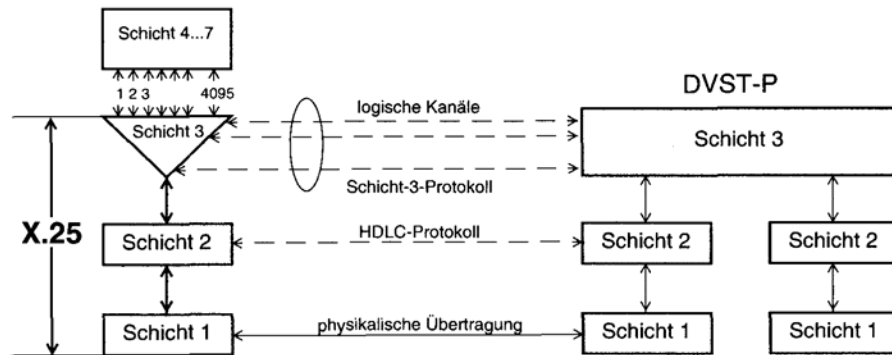


Bild 11 Definitionsbereich der X.25-Schnittstelle im OSI-Referenzmodell

- Die **Schicht 2** sichert die von der Schicht 3 bereitgestellten Daten. Die Schicht 2 arbeitet nach dem HDLC (high level data link control) Verfahren. Die Übertragung der Informationen erfolgt Blockweise. Die Blöcke werden mit einem Codesicherungsteil und einem Steuerteil versehen. Beginn und Ende der Blöcke kennzeichnen spezielle Bitkombinationen (flags). In der Schicht 2 besteht weitgehend Übereinstimmung mit den von der ISO im OSI-Referenzmodell empfohlenen Prozeduren.
- Die **Schicht 3** ist die Vermittlungsschicht (Paketschicht). Sie enthält Vereinbarungen und Funktionen zum Informationsaustausch in einem Netz mit mehreren Netzknoten und Übertragungsstrecken und hat folgende Funktionen:
 - Bildung logischer Kanäle für den Signalisierungs- und Nutzdatenaustausch,
 - Auf- und Abbau von virtuellen Verbindungen zwischen Endeinrichtungen,
 - Austausch von Nutzdaten in Form von Paketen, Sicherstellung der Paket-Reihenfolge bei der Übertragung.

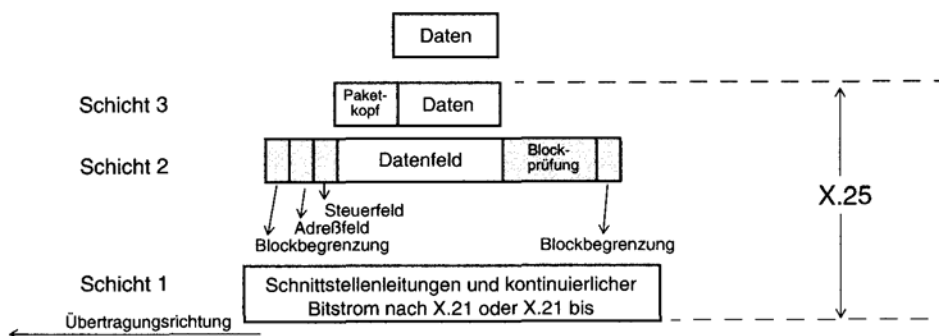


Bild 12 Protokollelemente der einzelnen Schichten

Durch die Anwendung der Grundprinzipien des OSI-Referenzmodells an der Nutzer-Netz-Schnittstelle X.25 ist es möglich, dass mehrere Instanzen höherer Schichten die Dienste niedrigerer Schichten in Anspruch nehmen (Multiplexschema). So stellt die Schicht 3 adressierbare logische Kanäle zur Mehrfachausnutzung der physikalischen Anschlussleitung für eine Vielzahl aus logischen Kanälen gebildeten virtuellen Verbindungen bereit.

Auf der Paketschicht (im OSI-Modell auch als Netzebene bezeichnet) können gleichzeitig 4096 virtuelle Verbindungen als virtuelle Wähl und/oder Festverbindungen bestehen. Logische Kanäle können nochmals in logische Unterkanäle unterteilt werden. Dieses zweite Multiplexschema, ist anwendungsorientiert und gehört nicht zum Definitionsbereich der X.25-Empfehlung. Es schafft die Möglichkeit über jede virtuelle Verbindung bis zu 256 verschiedene Anwendungen zeitgestaffelt gleichzeitig ablaufen zu lassen.

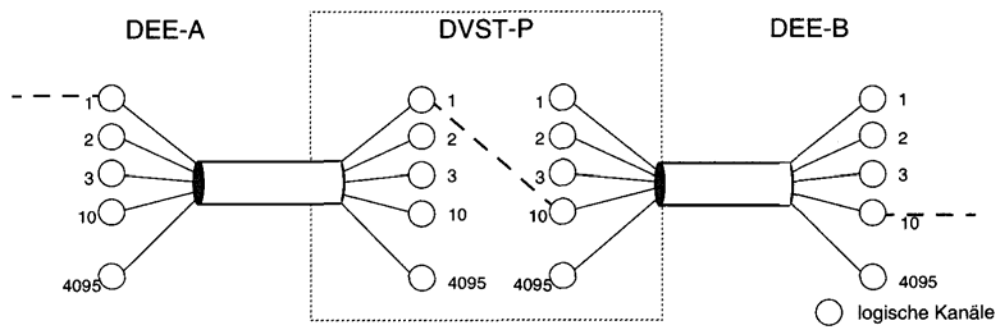


Bild 13 Vermittlung im DATEX-P

Diese in den höheren Schichten vereinbarten Prozeduren müssen in entsprechenden Anwenderprotokollen aufgenommen sein. Die Verantwortung für die damit verbundene Funktionalität liegt ausschließlich beim Nutzer.

3.1.3 X.25 Paketvermittlung

Die Datenkommunikation in öffentlichen Netzen ist verbindungsorientiert, d.h. sie besteht aus drei Phasen:

- Verbindungsaufbau,
- Informationsaustausch und
- Verbindungsabbau

(14) Die Steuerung des Auf- und Abbaus von Datenverbindungen in Datennetzen erfolgt mit speziellen Steuersignalen (Signalisierung), welche zwischen den Endeinrichtungen und dem Netz bzw. netzintern ausgetauscht werden. Beschrieben werden diese Vorgänge durch die Signalisierungsprotokolle – siehe auch nachfolgendes Bild.

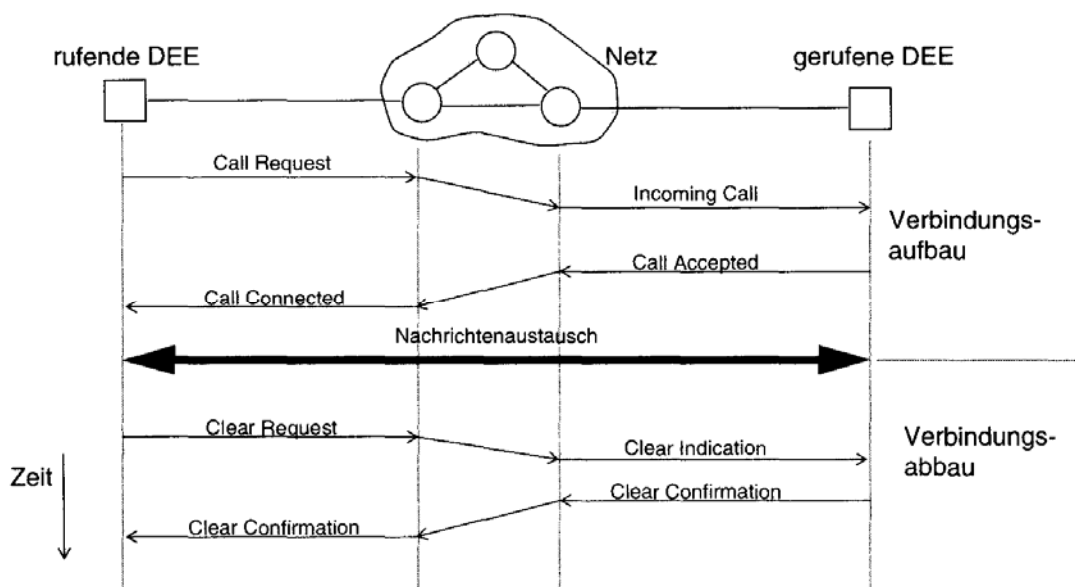


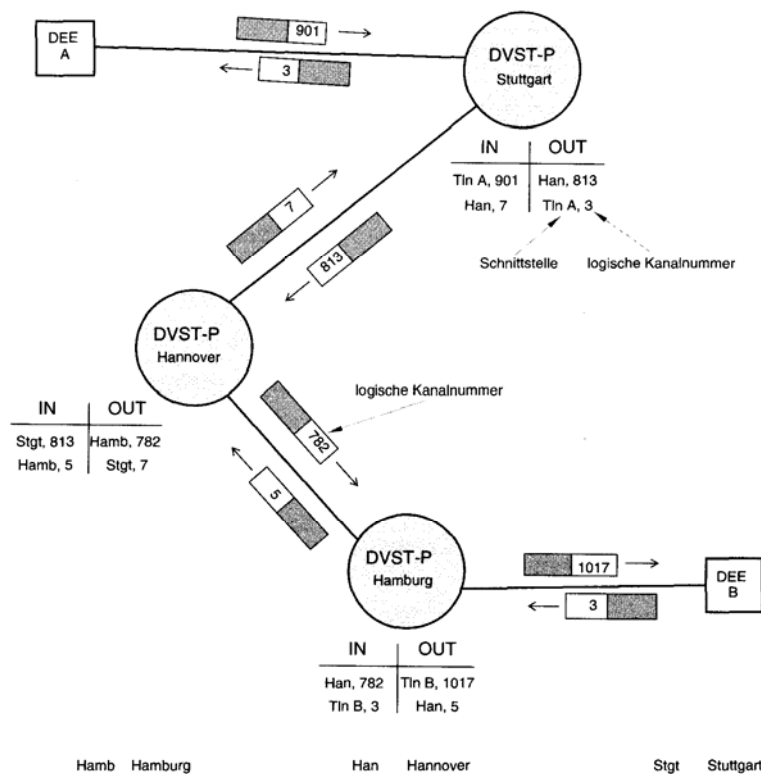
Bild 14 Prinzipieller Ablauf einer Datenverbindung

Die Aufgabe einer X. 25-Paketvermittlungsstelle ist das Umspeichern der Pakete vom ankommenden auf den abgehenden logischen Kanal, und nicht deren Durchschaltung mit Hilfe physikalisch durchgeschalteter Koppelpunkte. Dazu erhalten alle Pakete, die zu einer Verbindung gehören für jede Teilstrecke (DEE — DVST-P oder DVST-P — DVST-P) und für jede Übertragungsrichtung der Verbindung eine logische Kanalnummer die am Beginn einer Verbindung festgelegt werden. Jedem Eingangs-Kanal wird eine Vermittlungstabelle im Knoten zugeordnet, in welcher der Ausgangs-Kanal vom Knoten und der Ausgangs-LCI-Wert für jeden möglichen Eingangs-LCI-Wert angegeben wird. Die Aufgabe der Vermittlungsfunktion besteht in der „Übergabe“ eines empfangenen Paketes vom Port am Eingangs-Kanal zum Port am Ausgangs-Kanal.

Theoretisch können 4096 verschiedene Kanalnummern⁵ auf einer Teilstrecke, z.B. zu einem Endgerät oder zwischen zwei Vermittlungsstellen, unterschieden werden, wobei die Kanalnummer 0000 0000 0000 für das Zurücksetzen der logischen Kanäle verwendet (Restart) wird.

(15) Jede X.25-Vermittlungsstelle hat folgende Funktionen zu erfüllen:

- **Raumvermittlung (Eingangs-Kanal => Ausgangs-Kanal)**
Darunter versteht man die Übergabe eines X.25-Paketes von einem physikalischen Eingangs-Kanal auf einen physikalischen Ausgangs-Kanal.
- **LCI- Umsetzung (Eingangs-LCI => Ausgangs-LCI)**
Für jedes empfangene Paket muss der Ausgangs-LCI-Wert nach der Vermittlungstabelle festgelegt werden.
- **Zwischenspeicherung der X.25-Pakete**
Es kann vorkommen, dass einige Pakete zwischengespeichert werden müssen, weil der Ausgangskanal mit der Übertragung von früher ankommenden Paketen vorläufig belegt ist.



Die Ziffern geben die logischen Kanalnummern an. Die Ziffern sind hier nur beispielhaft gewählt

Bild 15 Kanalnummernvergabe nach ITU-T

⁵ bestehend aus einer 12bit-Adresse

3.1.3.1 Pakettypen

Um den verbindungsorientierten X.25-Netzdienst durchzuführen, werden Gruppen von Protokolldateneinheiten verwendet, PDUs (Protocol Data Units), die üblicherweise als X.25-Pakete bezeichnet werden:

- Verbindungsauf- und -abbau,
- Datentransfer,
- Flusskontrolle,
- Restart,
- Netzdiagnose,
- Registrierung.

(16) Die ersten drei Oktetts⁶ aller Pakettypen haben die gleiche Struktur.

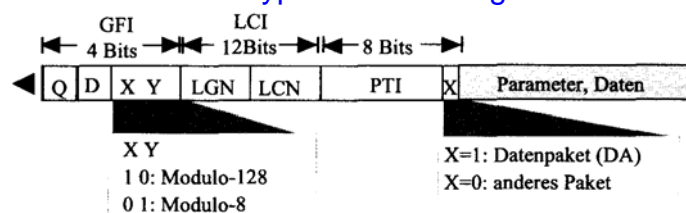


Bild 16 Allgemeine Struktur der X.25-Pakete

Die einzelnen Angaben in den X.25-Paketen haben folgende Bedeutung:

- **GFI (General Format Identifier)**
Die GFI-Angaben legen das Grundformat für den restlichen Paketteil fest. Die einzelnen Bits haben folgende Funktionen:
 - **Q/A-Bit (Qualifier-/Address-Extension-Bit)**
Das Q-Bit (Qualifier-Bit) dient zur Unterscheidung zwischen Nutzerdaten und Steuerdaten im Rahmen der ITU-T-Empfehlung X.25
 - **Das A-Bit (Address-Extension-Bit)** wird in Paketen für den Verbindungsauf- und -abbau benutzt. Ist A-Bit = 0, so wird das X. 121 -Adressformat verwendet. Ist das A-Bit= 1, so werden andere Adressformate benutzt.
 - **D-Bit (Delivery-Confirmation-Bit)**
Das D-Bit kann in Paketen für den Verbindungsaufbau und in Datenpaketen benutzt werden. In allen anderen Pakettypen ist D-Bit = 0. Die D-Bit-Funktion hängt mit dem M-Bit in Datenpaketen DA zusammen (vgl. Bild 2.2-5). Ist D-Bit=1, wird eine Ende-zu-Ende-Quittung des Datenpaketes vor der Partner-Datenendeinrichtung DTE angefordert.
 - **XY-Bits**
Ist XY = 10 (bzw. XY = 01), so werden die Sende- und Empfangsfolgenummern in Daten-, RR-, RNR- und REJ-Paketen nach dem Modulo-128 (bzw. Modulo-8) verwendet. Bei der Nummerierung nach dem Modulo-128 handelt es sich um das so-g. erweiterte Paketformat.

- **LCI (Logical Channel Identifier)**
Der LCI setzt sich aus LGN (Logical Group Number) und LCN (Logical Channel Number) zusammen. Mit den 12 Bits des LCI können bis zu 4096 logische Kanäle definiert werden. Mit der LGN können diese logischen Kanäle in 16 Gruppen zu jeweils 256

⁶ eine X.25-Protokoll-Dateneinheit besteht aus Transportteil und Nutzinformationsteil; hier werden die ersten drei Oktetts des Nutzinformationsteils behandelt.

Kanälen aufgeteilt werden. Mit der LGN wird die Kanal-Gruppe identifiziert. Mit der LCN werden die einzelnen Kanäle innerhalb einer Gruppe markiert.

- **PTI (Packet Typ Identifier)**
Der PTI definiert den jeweiligen Pakettyp. Die Angaben in diesem Feld dienen der Unterscheidung einzelner Pakete.

3.1.3.2 Das Protokoll der Schicht 2 der Empfehlung X.25

(17) Entsprechend dem OSI-Referenzmodell werden die Nachrichten der Schicht 3 durch die Schicht 2 gesichert übertragen. Im Datex-P-Netz wird zur Sicherung die ISO-Prozedur HDLC⁷ LAP-B⁸ verwendet. Das Protokoll sichert die Schicht-3-Pakete eines Übermittlungsabschnitts (data link). Die Datensicherung erfolgt abschnittsweise von Endeinrichtung zu Netzknoten, von Netzknoten zu Netzknoten und von Netzknoten zu Endeinrichtung. Das HDLC-Verfahren⁹ beruht im wesentlichen auf dem Prinzip, Datenströme in Blöcke aufzuteilen, die Blöcke zu nummerieren und mit Prüfbytes zu versehen, um so Datenverlust oder Datenverfälschung erkennen und korrigieren zu können.

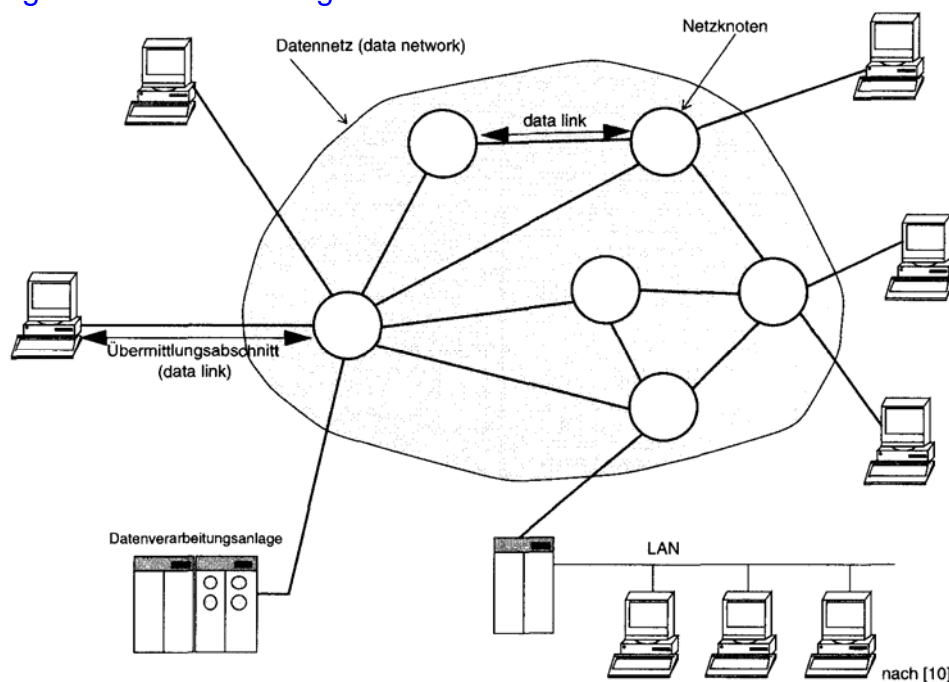


Bild 17 Definition eines Übermittlungsabschnitts

Blockaufbau

Die Protokoll-Dateneinheiten der Schicht 2 heißen Blöcke (frames — Rahmen). Alle Blöcke haben folgenden Aufbau:

⁷ HDLC = high level data link control

⁸ LAP-B = link access procedure — balanced, d.h. beide kommunizierenden Stationen (oder Netzknoten) sind gleichberechtigt, d.h. es gibt keine Master/Slave-Konfiguration.

⁹ Das hier vorgestellte HDLC-Protokoll wird im DATEX-P-Netz verwendet, daneben gibt es noch ein erweitertes Format (extended format) welches im ISDN-Kapitel beschrieben wird.

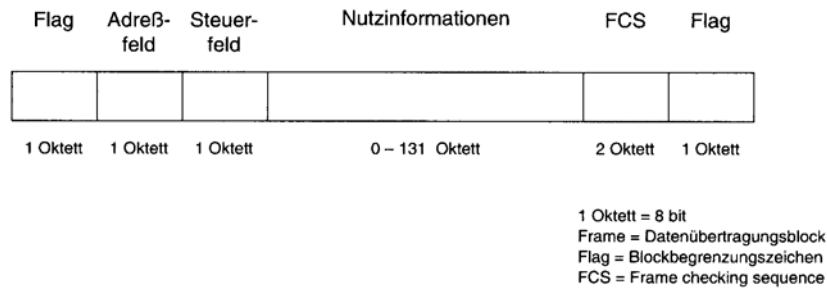


Bild 18 Aufbau eines Schicht-2 -Blocks

Die einzelnen Elemente haben folgende Bedeutung:

- **Flag :** (Blockbegrenzung). Jeder Block beginnt und endet mit einem Flag (Bitfolge 0111 1110). Werden zwei Blöcke hintereinander übertragen, braucht zwischen beiden nur ein Flag zu stehen (Ende-Flag eines Blockes ist gleichzeitig Start-Flag des nächsten Blockes).
 Bittransparenz: Die Bitfolge des Flag darf innerhalb der zu übertragenden Daten nicht auftreten, da sonst fälschlicherweise ein Flag erkannt wird. Um die Transparenz der Schicht-3-Daten sicherzustellen, wird bei der bitweisen Übertragung nach jeder zusammenhängenden Folge von fünf „1“ eine „0“ eingeblendet. Die Empfänger-Schicht-2-Instanz nimmt entsprechend jede „0“ nach fünf aufeinander folgenden „1“ aus dem Bitstrom. Werden vom Empfänger sechs aufeinander folgende „1“ erkannt, handelt es sich um ein Flag, und das Ende dieses Blockes wurde gefunden.
- **Adressfeld:** Das Adressfeld wird zur Unterscheidung von Befehlen (Command) und Meldungen (Response) benutzt.
 - Befehle haben immer die Adresse der Gegenstation.
 - Meldungen enthalten immer die eigene Adresse.

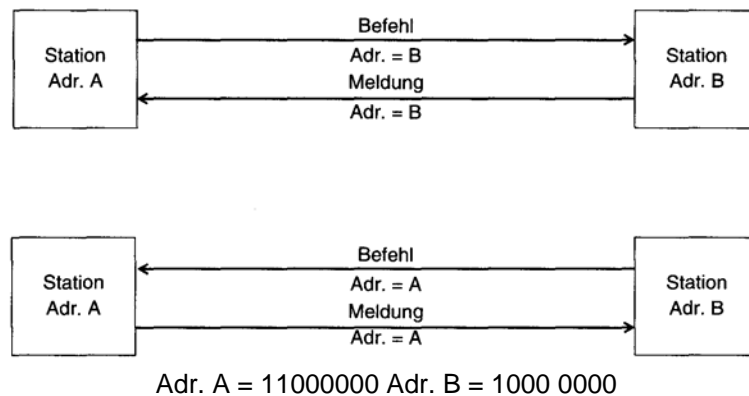


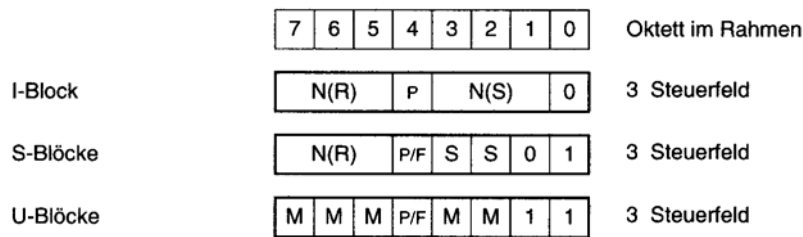
Bild 19 Festlegung der Schicht-2-Adressen

- **Steuerfeld:** Das Steuerfeld (control field) kennzeichnet die Art des Blocks, die Art der Befehle und Meldungen. Hier unterscheidet man die drei Blocktypen 1, 5 und U. 1-Blöcke transportieren die Schicht-3-Daten, S-Blöcke dienen der Steuerung der Datenübertragung, U-Blöcke werden zum Auf- und Abbau von Verbindungen verwendet. Die unterschiedlichen Blocktypen werden später noch genauer beschrieben.
- **Daten- oder Informationsfeld:** Das Datenfeld enthält die Daten der Schicht 3 als Bitstrom, mit der maximalen Länge von 131 Oktetts. Darin enthalten sind GFI, LCI und PTI.

- FCS:** Das Blockprüfungsfeld (engl. Frame Checking Sequence — FCS) besteht aus zwei Oktett. In dem Blockprüfungsfeld wird ein Bitmuster übertragen, mit dessen Hilfe die Empfängerinstanz einen übertragenen Block als fehlerfrei übertragen erkennen kann. Das Blockprüfungsfeld wird beim Sender erzeugt, indem der gesamte Block nach dem Flag durch ein Generatorpolynom geteilt wird und der invertierte Rest als FCS übertragen wird.
 Generatorpolynom: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
 Der Empfänger berechnet die FCS eines empfangenen Blocks in gleicher Weise und vergleicht die empfangene und die berechnete FCS. Bei einer Abweichung verwirft der Empfänger den Block.

Blockformate

(18a) Die Übermittlungsvorschrift HDLC kennt drei Blockformate (I, S und U) zur Abwicklung des Protokolls. Die Codierung des Steuerfelds zeigt folgendes Bild.



N (S) Sendefolgennummer (Bit 1 = LSB)	S Spezifikation der Steuerfunktion
N (R) Empfangsfolgennummer (Bit 5 = LSB)	M Spezifikation der U-Block-Funktion
P/F Bit zum Sendeaufruf (bei Befehlen) bzw. für Ende-Anzeige (bei Meldungen) P/F = poll/final	

Bild 20 Codierung der verschiedenen Schicht-2-Blöcke

- (18b) **I-Blöcke** dienen der Übermittlung von Daten der Schicht 3. Ist in einem I-Block das P-Bit auf „1“ gesetzt, wird damit die Gegenstation zur unmittelbaren Quittung mit einer S-Meldung aufgefordert, während ein auf „0“ gesetztes Poll-Bit in einem I-Block dem Empfänger freistellt, mit einer S-Meldung oder einem I-Befehl zu quittieren.
- S-Blöcke** dienen der Steuerung der Datenübermittlung und enthalten deshalb Empfangsfolgennummern. Ein auf „0“ gesetztes Poll-Bit in einem S-Befehl muss immer mit einem Final-Bit = 0 in der entsprechenden Meldung quittiert werden. Ein auf „1“ gesetztes Poll-Bit in einem S-Befehl muss immer mit einem Final-Bit = 1 in der entsprechenden Meldung quittiert werden.
- U-Blöcke** dienen dem ungesicherten (keine Flusskontrolle, da nicht nummeriert) Transport von Informationen oder Steuerzeichen. U-Blöcke werden für die Initialisierung des Abschnitts, die Beendigung der Verbindung (Data Link) und das Rücksetzen interner Zähler der Stationen verwendet. Das Poll/Final-Bit hat die gleiche Bedeutung wie für S-Blöcke, die Meldungen (Quittungen) können dabei S- oder U-Blöcke sein.

Folgenummern

Zur gesicherten Übertragung von Schicht-2-Blöcken werden I-Blöcke mit Sendefolgennummernzähler durchnummeriert. Zur Bestätigung oder für eine entsprechende Fehlerbehebung stehen Empfangsfolgennummernzähler zur Verfügung.

- Sendefolgennummer N(S)** (send sequence number)

 - Fortlaufende Nummerierung der I-Blöcke (Nutzpakete).
 - Wertebereich 0 bis 7 zyklisch (MODULO 8).

- **Empfangsfolgenummer** N(R) (receive sequence number)
 - Quittung vom Empfänger eines I-Blocks an den Sender über den ordnungsgemäßen und fehlerfreien Empfang.
 - N(R) quittiert alle I-Blöcke bis N(S)-1.
 - N(R) zeigt dem Sender den nächsten erwarteten I-Block an.
 - Wertebereich wie N(S) 0 bis 7.
 - N(R) sind in I- und S-Blöcken enthalten.

Fenstermechanismus

Eine Station muss ihre gesendeten I-Blöcke so lange speichern, bis sie von der Gegenstation quittiert worden sind. Die sendende Station muss das Aussenden von I-Blöcken unterbrechen, wenn eine Anzahl „w“ von unquittiert gebliebenen I-Blöcken erreicht ist. Diese Zahl „w“ heißt Fenstergröße und ist netzindividuell festgelegt, im Datex-P-Netz auf $w=7$.

Sind also „w“ Blöcke gesendet, darf kein weiterer I-Block gesendet werden. Es kann erst wieder gesendet werden, wenn eine Quittung im N(R)-Feld eines I- oder S-Blocks eintrifft. Dabei gibt die Folgenummer N(R) den letzten richtig empfangenen Block plus eins an und schließt alle davor liegenden, noch unquitierten Blöcke innerhalb des Fensters als richtig empfangen ein.

3.1.3.3 Schicht-2 -Protokoll (nach Kühn)

Aufbauen einer Schicht-2-Verbindung

- **(19) SABM:** Set asynchronous balanced mode. Mit SABM leitet eine Station den Aufbau einer gesicherten Schicht-2-Verbindung ein.
- **UA:** Unnumbered acknowledge. Die andere Station bestätigt mit UA innerhalb einer vorgegebenen Zeit.

Anschließend sind beide Instanzen initialisiert und es besteht eine logische Schicht-2-Verbindung.

Abbauen einer Schicht-2-Verbindung

- **DISC:** Disconnect. Eine Station beendet mit DISC die Schicht-2-Verbindung. Dies ist von beiden Seiten aus zulässig.
- **UA:** Unnumbered acknowledge. Die andere Station muss auch DISC mit UA bestätigen.

Anschließend besteht der Ruhezustand, die logische Verbindung ist abgebaut.

Flusskontrolle während des Informationsaustausches

Jedes Paket der Schicht 3 wird in einem *I-Block* der Schicht 2 transportiert. Jeder ausgesendete *I-Block* wird fortlaufend mod. 8 (0,1...7,0,1..) nummeriert. Mit einem *I-Block* können gleichzeitig auch korrekt empfangene Blöcke von der Gegenseite quittiert werden.

- **RNR:** Receiver not ready
Mit RNR kann eine Station der anderen anzeigen, dass sie zurzeit keine Datenblöcke annehmen kann. Mit dem Empfangsfolgenummernzähler N(R) können die bis zu diesem Zeitpunkt richtig empfangenen Blöcke quittiert werden.
- **RR:** Receiver ready
Mit RR zeigt eine Station, die vorher RNR gesendet hat, ihre Bereitschaft an, weitere I-

Blöcke zu empfangen. Die RR-Meldung wird auch zur Quittierung richtig empfangener I-Blöcke verwendet, wenn die quittierende Station keine I-Blöcke zu senden hat.

- **REJ:** Reject
Mit REJ kann eine Station von ihrer Partner-Station die Wiederholung von 1-Blöcken ab der im N(R) enthaltenen Blocknummer anfordern. REJ wird gesendet, wenn ein Block mit falscher Folgenummer empfangen wird.

Rücksetzen während des Informationsaustausches

Schwere Fehler, die eine Station durch Blockwiederholung nicht beheben kann, werden durch einen der folgenden Blöcke angezeigt:

- **FRMR:** Frame reject
Ein Block wird durch Senden von FRMR von der empfangenden Station abgewiesen, weil die Blockkennung nicht bekannt ist, ein Fehler im N(R)-Feld erkannt wurde oder die vom Empfänger gebildete FCS nicht mit der übertragenen FCS übereinstimmt.
- **DM:** Disconnected mode
Bei schweren Protokollfehlern (PIF— oder Zeitfehler) wird DM gesendet, um die Partner-Station zum Neuaufbau der Verbindung aufzufordern. „Disconnect Mode“ ist der unbedingte Abbruch der Verbindung und erfordert keine Quittung. Dieser Fehlerfall kann nur durch einen Neuaufbau der Verbindung behandelt werden.

Fehlerkontrolle in X.25-Netzen

(20) In X.25-Netzen erfolgt eine Fehlerkontrolle in zwei Stufen. Die Pakete der 3ten Schicht werden in HDLC-Frames eingebettet und über eine Übertragungsstrecke zwischen dem Endsystem und dem X.25-Knoten als eine Folge von Bits innerhalb der 1ten (physikalischen) Schicht übertragen. Die X.25-Pakete werden innerhalb der 3ten Schicht durch die Vermittlungs-Funktion entsprechend weitergeleitet.

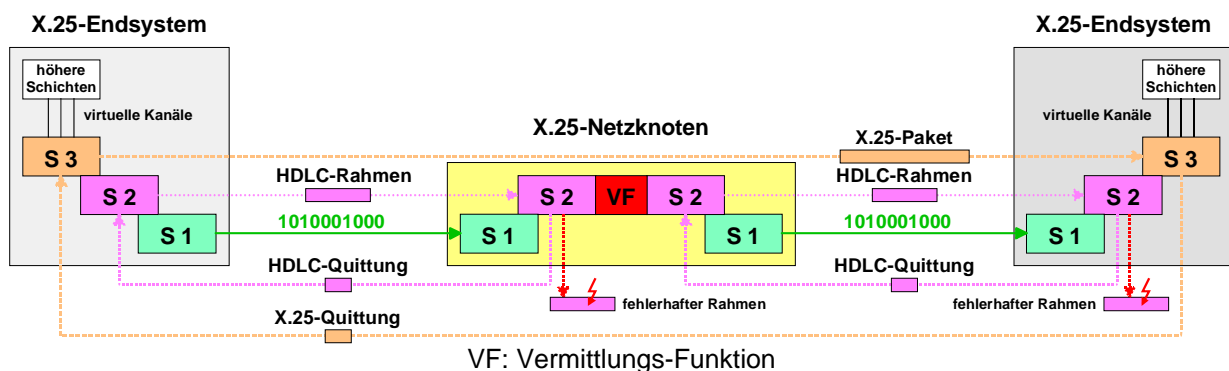


Bild 21 2-stufige Fehlerkontrolle in X.25-Netzen

Bei der Übertragung von HDLC-Frames über die physikalische Leitung wird die Fehlerkontrolle realisiert. Infolgedessen werden die korrekt empfangenen HDLC-Frames positiv quittiert. Die fehlerhaften Frames werden im Netzknoten verworfen und eine negative Quittung an die Sende-Seite gesendet, so dass die Übertragung von fehlerhaften Frames wiederholt werden kann. Dieser Vorgang stellt eine Fehlerkontrolle auf der Ebene 2 dar. Es werden aber auch die über eine virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindung übertragenen X.25-Pakete durch das Ziel-Endsystem entsprechend (positiv oder negativ) quittiert, was als Fehlerkontrolle auf der Ebene 3 zu bezeichnen ist.

Die 2stufige Fehlerkontrolle hat einerseits Vorteile und andererseits einen Nachteil:

Vorteile:

- Die X.25-Netze stellen keine besonders hohen Anforderungen an die Qualität (Bitfehler-rate) von physikalischen Leitungen. Eine wiederholte Übertragung von fehlerhaft übertragenen HDLC-Frames über eine Leitung wird durch negative Quittungen direkt veranlasst.
- Durch die Quittungen von Netzknoten kann auch die Flusskontrolle in Bezug auf die Menge von zu sendenden Daten realisiert werden. Das Quell-Endsystem darf z.B. nur dann weitere Pakete an den Netzknoten senden, wenn eine entsprechende positive Quittung für die bereits abgeschickten Pakete vorliegt.

Nachteil:

- Das X.25-Konzept lässt sich in Hochgeschwindigkeitsnetzen nicht einsetzen. Bei sehr großen Übertragungsraten (z.B. über 100 Mbit/s) haben die Netzknoten „keine Zeit“, sich mit den Quittungen innerhalb der 2ten Schicht zu befassen. In Hochgeschwindigkeitsnetzen wie Frame-Relay- und ATM-Netzen findet keine auf den Quittungen beruhende Fehlerkontrolle innerhalb der Schicht 2 (d.h. auf dem Niveau 2) statt.

3.1.3.4 Schicht 3 Protokoll (Empfehlung X.25)

Die höchste Schicht der Empfehlung X.25 legt die Struktur von Benutzerdaten und Steuerinformationen in Form von Paketen fest. Verschiedene Typen ermöglichen den Verbindungsauf- und -abbau sowie den Betrieb virtueller Verbindungen, für die Nutzdatenübertragung gesendete Datenpakete werden durchnummeriert. Spezielle Pakete sind für die Diagnose von Fehlern und den Restart einer Schnittstelle vorgesehen. Mit dem Interrupt-Paket können schnell kurze Pakete (32 Oktett lang) außerhalb der Reihe gesendet werden, diese werden nicht nummeriert. Mit den Steuerpaketen „Receiver Ready“ (RR) und „Receiver Not Ready“ (RNR) kann ein Empfänger vor einer drohenden Überflutung geschützt werden in dem er den Sendefluss im Ursprung stoppt und wieder freigibt. Mit Reject (REJ) können fehlerhafte Pakete abgewiesen werden.

Pakettyp		Bemerkungen	
von DEE	zu DEE	typische Parameter	Aufgabe
(21) Verbindungsaufbau und -abbau			
Call Request	Incoming Call	Adresse A und B	Belegung
Call Accepted	Call Connected	Adresse A und B	Belegungsquittung
Clear Request	Clear Indication	Adresse A und B	Auslösen
Clear Confirm	Clear Confirm	Adresse A und B	Auslösequittung
Nutzdatentransfer und Unterbrechung			
Data	Data	P(S), P(R) Sende- und Empfangszähler	Nutzdaten
Interrupt	Interrupt		Unterbr. Aufforderung
Interrupt Confirm.	Interrupt Confirm.		Unterbr. Bestätigung

Tabelle 4 Schicht 3 Pakete

Paketformate (Beispiele)

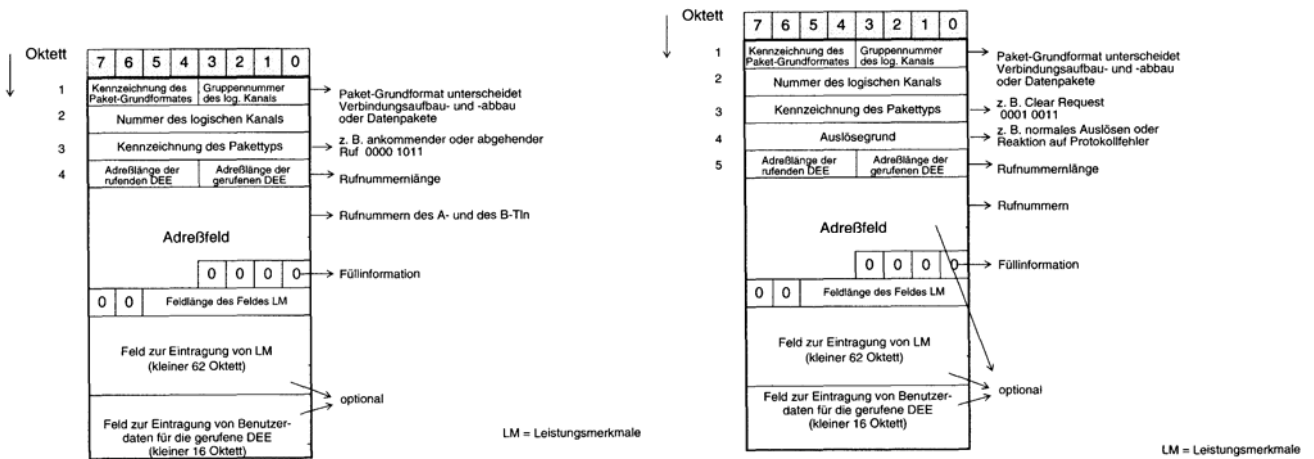
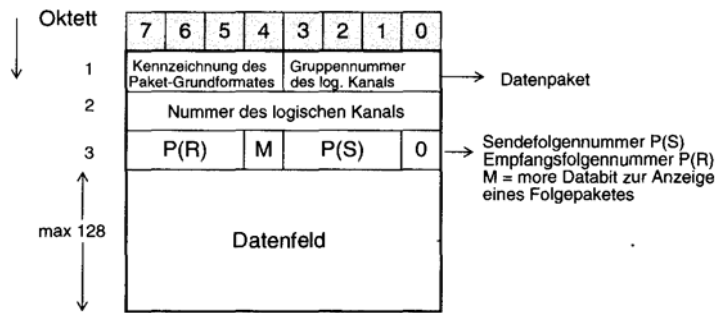


Bild 22 Verbindungsaufbau-Paket

Verbindungsabbau-Paket



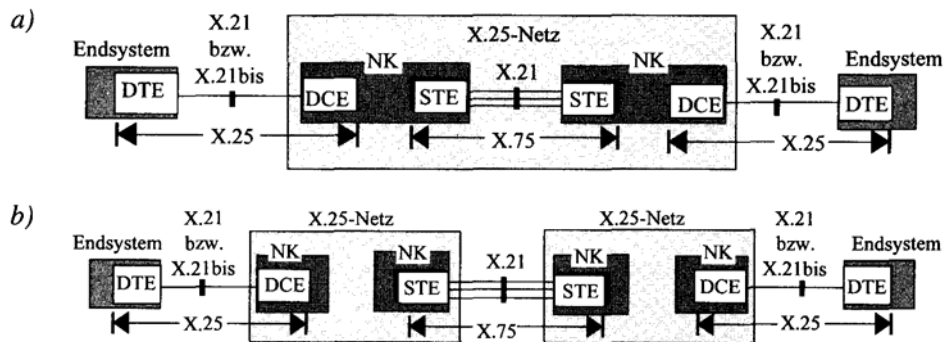
Das Datenpaket enthält keine Rufnummer. Die Adressbeziehung wird nur über die logische Kanalnummer hergestellt. Dies gilt auch für alle weiteren Pakete.

Bild 23 Datenpaket

3.1.4 Protokoll X.75

(22) Das Protokoll X.75 regelt die Übermittlung von paketierte Daten zwischen den einzelnen X.25-Netz-knoten und zwischen den unterschiedlichen X.25-Netzen. Um einen Mechanismus für den zuverlässigen Transport von Paketen zwischen den X.25-Netzknoten bereitzustellen, muss festgelegt werden, wie die Pakete aufzunehmen und abzusenden sind, wenn entweder eine oder mehrere physikalische Leitungen zwischen den benachbarten Netzknoten eingesetzt werden. Eine Mehrzahl von physikalischen Leitungen wird benötigt, wenn der Ausfall einer Leitung den Betrieb nicht unterbrechen soll.

Die Einsatzmöglichkeiten des Protokolls X.75 illustriert das folgende Bild.



a) zwischen den benachbarten X. 25-Netz-knoten, b) für die Kopplung von zwei X.25-Netzen; STE: Signalling Terminal Exchange

Bild 24 Einsatz des X. 75-Protokolls

Ein Kommunikationsmodul für den Verbund von X.25-Netz-knoten oder -Netzen wird im Standard als STE (Signalling Terminal Exchange) bezeichnet. Beim Einsatz von mehreren physikalischen Verbindungen muss X.75 in der Lage sein, verschiedene virtuelle X.25-Verbindungen, die über verschiedene physikalische Leitungen abgewickelt werden, zu unterscheiden.

Das Protokoll X.75 stellt eine Version des Protokolls X.25 dar und setzt sich aus den folgenden Protokollen zusammen:

- X. 75 PLP (Packet Layer Protocol)
Dieses Protokoll stellt eine vereinfachte Version von X.25PLP dar.
- X.75 DLP (Data Link Protocol)
Dieses Protokoll entspricht dem Protokoll LAP-B, in dem die beiden Verfahren: SLP (Single Link Procedure) und MLP (Multilink Procedure) unterstützt werden (vgl. Bild 2.4-3).
- Protokoll der physikalischen Schicht (PHY)
Hier wird die Übertragung von Bits nach dem Protokoll X.21 realisiert.

Da das X.75PLP die Kommunikation zwischen den direkt verbundenen STEs regelt, ist es einfacher als X.25PLP DTE-DCE. Somit verwendet X.75PLP weniger Pakettypen als X.25PLP (Bild 2.4-2).

Paketttyp		Bemerkung	
Verbindungsauf- und abbau			
Call Request	Incoming Call	Adresse A und B	Belegung
Call Accepted	Call Connected	Adresse A und B	Belegungsquittung
Clear Request	Clear Indication	Adresse A und B	Auslösen
Clear Confirm	Clear Confirm	Adresse A und B	Auslösequittung
Nutzdatentransfer und Unterbrechung			
Data	Data	P(S), P(R) Sende- und Empfangszähler	Nutzdaten
Interrupt	Interrupt		Unterbr. Aufforderung
Interrupt Confirm.	Interrupt Confirm.		Unterbr. Bestätigung
Flusskontrolle und Rücksetzen			
RR	RR	P(R) Empfangszähler	empfangsbereit, Quittung
RNR	RNR	P(R) Empfangszähler	nicht empfangsbereit
REJ	—	P(R) Empfangszähler	Abweisung eines Paketes

Reset Request	Reset Indication	Diagnose Parameter	Rücksetz-Anforderung
Reset Confirmation	Reset Confirmation	—	Rücksetz-Bestätigung
Restart			
Restart Request	Restart Indication	Diagnose Parameter	Restart-Aufforderung
Restart Confirm.	Restart Confirm.		Restart-Bestätigung

Tabelle 5 X. 75PLP-Pakettypen

3.1.5 PAD-Einsatz

An ein X.25-Netz können auch zeichenorientierte Datenendeinrichtungen (kurz Z-DTE), oft „dumme“ Terminals genannt, über zusätzliche PAD-Einrichtungen (Packet Assembly/Disassembly), d.h. Paketierungs-/Depaketierungs-Einrichtungen, angeschlossen werden. Wie das folgende Bild zeigt, kann eine Z-DTE mit einer PAD-Einrichtung als eine paketorientierte DTE betrachtet werden.

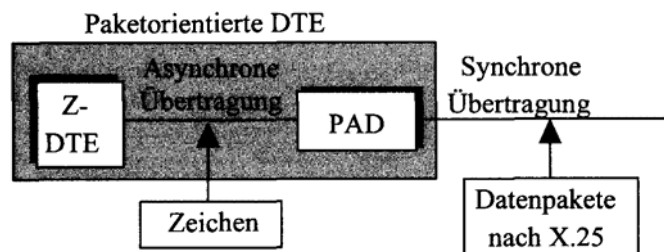


Bild 25 PAD-Bedeutung

(23) Die Hauptfunktion einer PAD-Einrichtung ist es, einerseits die von einer Z-DTE ankommenden Zeichen in einem Zeichenpuffer aufzusammeln und die Datenpakete nach X.25 zu bilden (Paketierung) und andererseits die Nutzdaten als eine Folge von Zeichen aus den empfangenen Paketen herauszunehmen (Depaketierung).

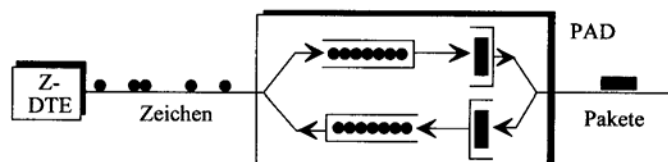


Bild 26 PAD-Funktionen

Zu den zusätzlichen Funktionen einer PAD-Einrichtung gehört u. a. auch:

- Auf- und Abbau von virtuellen X.25-Verbindungen mit den anderen X.25-konformen Datenendeinrichtungen DTEs am X.25-Netz.
- Austausch von Steuer- und Kontrollsignalen mit der Z-DTE.

Die PAD-Funktionen werden in der ITU-T-Empfehlung X.3 festgelegt. Den Ablauf des Datenverkehrs zwischen der asynchronen Z-DTE und der PAD-Einrichtung regelt die ITU-T-Empfehlung X.28. Diese Empfehlung wird auch als Protokoll X.28 bezeichnet. Die Kommunikationssteuerung zwischen einer paketorientierten DTE und einer PAD-Einrichtung über ein X.25-Netz regelt die ITU-T-Empfehlung X.29 (auch Protokoll X.29 genannt). Außer dem Protokoll X.25 benötigt diese paketorientierte DTE also zusätzlich noch die durch das Protokoll X.29 festgelegten Fähigkeiten, die PAD-Mitteilungen zu empfangen und zu senden. Die drei Standards X.3, X.28 und X.29, die eng mit X.25 verknüpft sind, werden „Triple X“-Standards genannt. Das Bild 2.5-3 zeigt die Funktionsbereiche von diesen Standards.

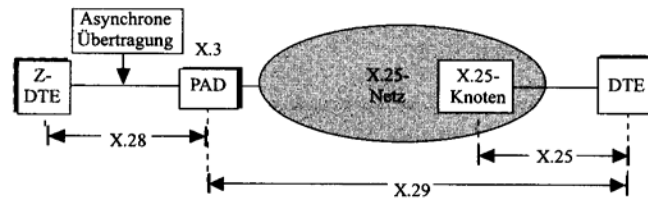


Bild 27 Triple X-Standards

Der Standard X.3 definiert die Parameter, die das Verhalten des PAD bestimmen. Hierzu gehören u. a.:

- Übertragungsbitrate zwischen Z-DTE und PAD
- Echobetrieb
Soll der PAD jedes Zeichen zurück an die Z-DTE (Überwachung von Übertragungsfehlern) schicken?
- Datenpaket- Weiterleitungs-Zeichen
Welche Zeichen sollen den PAD dazu veranlassen, ein nicht volles Paket abzuschicken?
- Datenpaket- Weiterleitungs-Zeitintervall

3.2 Frame Relay

(24) Frame Relay ist ein Konzept für die schnelle Übermittlung von Daten. Das FR-Konzept vereinigt die Eigenschaften von X.25 und den statistischen Multiplexern und ermöglicht, große Datenmengen mit relativ hohen Bitraten über ein Weitverkehrsnetz zu übermitteln.

Hinsichtlich der Spezifikation wird das Frame Relay von drei Organisationen betreut:

- ITU-T (ehemalig CCITT),
- ANSI und vom
- Frame-Relay-Forum.

Die Spezifikationen von ITU-T und ANSI sind fast identisch und sehr stark auf die ISDN-Architektur bezogen. Die Spezifikationen des FR-Forum enthalten eine Reihe von Vereinbarungen der Hersteller von FR-Systemkomponenten insbesondere in Bezug auf die Realisierung.

Allgemein gesagt ist das Konzept von Frame Relay eine Modifikation von X.25 u. a. in Bezug auf eine abschnittsweise Fehlerkontrolle, um die höheren Übertragungsgeschwindigkeiten im Netz unterstützen zu können. Beim Frame Relay werden die übertragenen Daten abschnittsweise nicht quittiert.

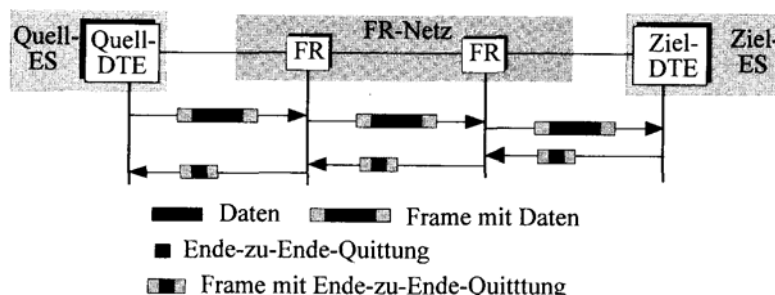


Bild 28 Datenübermittlung nach Frame Relay

In jedem FR-Knoten bzw. jedem Ziel-DTE werden die empfangenen Daten nur darauf geprüft, ob Übertragungsfehler vorliegen. Es werden keine mit jeder physikalischen Leitung verbundenen lokalen Quittungen, wie es beim X.25 der Fall war, gesendet. Bei FR wird die eigentliche Überprüfung der Sicherheit der Datenübertragung über das Netz den Endsystemen überlassen. Sie müssen die Übertragungsfehler erkennen und die wiederholte Übertragung von fehlerhaften und verloren gegangenen Daten vom Partner-Endsystem anfordern bzw. wiederholt übertragen.

3.2.1 FR-Basisfunktion

(25) Das FR-Protokoll wird innerhalb der Schichten 1 und 2 des OSI-Modells abgewickelt. Aufgabe der Schicht 1 ist es, eine physikalische Verbindung für die Übertragung des Datenbitstroms zwischen einer Datenendeinrichtung DTE und einer Kommunikationskomponente DCE bereitzustellen. Innerhalb der Schicht 2 werden sog. Frames mit Daten der höheren Kommunikationsprotokolle zwischen DTE und DCE ausgetauscht.

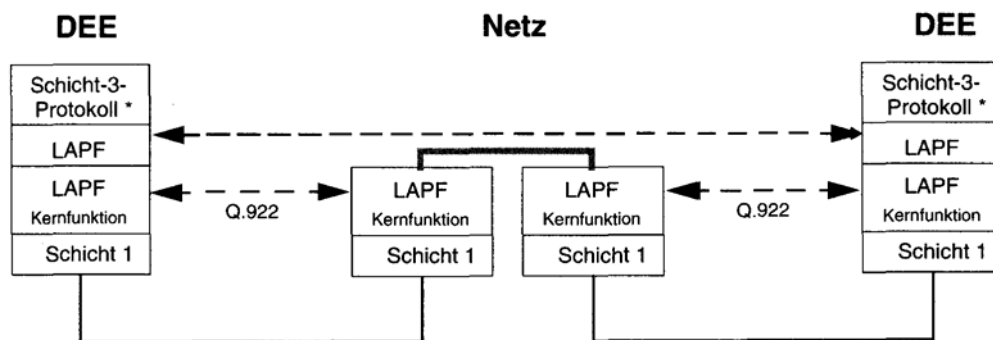


Bild 29 Referenzmodell für die Übertragung von Benutzerdaten

Die empfangenen Frames werden nur darauf geprüft, ob einige Übertragungsfehler vorliegen. Es werden keine mit jeder physikalischen Leitung verbundenen lokalen Quittungen von empfangenen Frames gesendet. Wurde der überprüfte Frame korrekt übertragen, so wird er direkt weitergeleitet. Damit findet nach dem FR-Konzept die Vermittlung von Frames innerhalb der Schicht 2 statt. Ist in einem empfangenen Frame ein Übertragungsfehler entdeckt worden, so wird er einfach verworfen und dabei keine negative Quittung abgeschickt. Somit wird keine abschnittsweise Fehlerbehebung in FR-Netzen realisiert. Ein Erkennen von verworfenen fehlerhaften Frames und deren Wiederholung gehört zur Aufgabe der Ende-zu-Ende-Fehlerkontrolle innerhalb der höheren Schichten und muss demzufolge durch die Endsysteme übernommen werden.

Die 1-stufige, d.h. nur Ende-zu-Ende-Fehlerkontrolle, hat einen Vorteil und einen Nachteil:

Vorteil:

Durch das Verzicht auf die mit jeder Leitung verbundenen Quittungen von empfangenen Frames werden die FR-Netzknotten entlastet. Dadurch können höhere Übertragungsraten (z.B. 2 Mbit/s) in FR-Netzen im Vergleich zu X.25-Netzen unterstützt werden.

Nachteil:

Die FR-Netze stellen relativ hohe Anforderungen an die Qualität (Bitfehlerrate) von physikalischen Leitungen. Bei den Leitungen der „schlechten“ Qualität können mehrere Frames unterwegs verworfen werden, was wiederum deren wiederholte Übertragung durch das Quell-Endsystem notwendig macht. Kommt kein Frame aus einer übertragenen Datei zum Ziel-

Endsystem an, so kann diese Datei vom betroffenen Endsystem nicht quittiert werden. Eine wiederholte Übertragung dieser Datei muss nach einer Regel im Quell-Endsystem veranlasst werden.

Blockaufbau der Schicht-2-Nachrichten

Der Aufbau der Q.922-Blöcke ist vom Blockaufbau der Q.92 1-Blöcke (ISDN-Festlegung) abgeleitet, da der Frame-Relay-Dienst ursprünglich nur im ISDN definiert wurde. Die grundsätzlichen Definitionen des Adress- und Steuerfeldes entsprechen den allgemeinen Definitionen von HDLC-Protokollen. Beide Felder sind aber gegenüber dem HDLC-LAP-B erweitert, sie sind jeweils zwei Oktett lang. Die Festlegungen der Blockbegrenzung, der Definition des C/R-Bits und die Festlegungen der Blockprüfsequenz entsprechen den HDLC-Festlegungen.

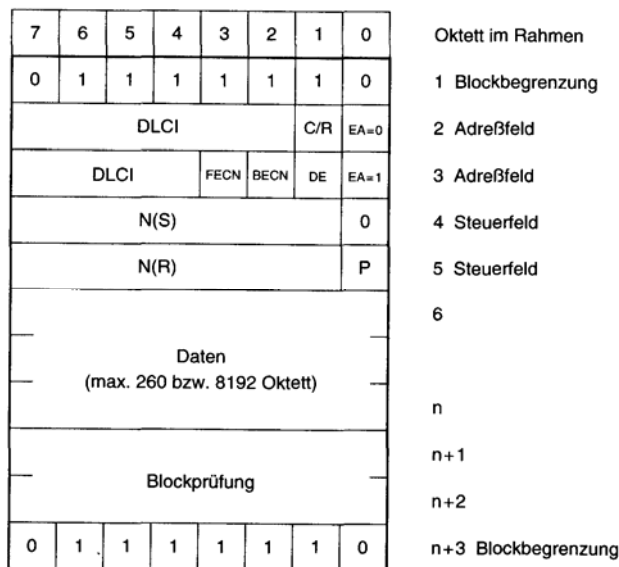


Bild 30 I-Block nach Q.922

(26) Adressfeld

Das Adressfeld hat einen grundsätzlich neuen Aufbau, es enthält alle Elemente zur Leitung der Blöcke durch das Nachrichtennetz. Das wichtigste Element im Adressfeld ist der „Data Link Connection Identifier“ (DLCI), er ist mit der einer virtuellen Kanalnummer im X.25 zu vergleichen und unterscheidet verschiedene virtuelle Verbindungen an einem Anschluss. Aufgrund des DLCI und Verbindungstabellen in den Vermittlungsstellen des DATEX-P werden die Blöcke durch das Netz transportiert. Unterschiedliche DLCI können gleichen oder verschiedenen Zielen zugeordnet sein. Die entsprechende Leitung der verschiedenen Blöcke erfolgt anhand der Verbindungstabellen in den Netzelementen.

Im Adressfeld sind folgende Elemente enthalten:

- **DLCI (Data Link Connection Identifier)**
Die DLCI-Angabe wird zur Adressierung einer logischen Verbindung innerhalb einer physikalischen Leitung benutzt (vgl. Bild 4.1-4). Einige DLCI-Werte werden von vornherein z.B. für die Signalisierungs- und Management-Zwecke reserviert.
- **DE-Bit (Discard Eligibility, Wegwerf-Erlaubnis)**
Das DE=1 kennzeichnet diejenigen Frames, die bei Überlast-Situationen in FR-Netzknoten in erster Reihe — d.h. bevorzugt vor anderen Frames — verworfen werden dürfen.
- **BECN (Backward Explicit Congestion Notification, Überlast-Rückwärtsanzeige)**
Das Bit BECN kann in einem FR-Knoten gesetzt sein (vgl. Bild 4.2-5), um Überlast rückwärts anzuzeigen, so dass alle Komponenten zwischen dem betroffenen Knoten

und dem Quell-Endsystem dieses Bit nicht löschen und das Quell-Endsystem vorläufig weniger Daten ins Netz sendet.

- FECN (Forward Explicit Congestion Notification, Überlast-Vorwärtsanzeige)
Das Bit FECN kann in einem FR-Knoten gesetzt sein (vgl. Bild 4.2-6), um Überlast vorwärts anzuzeigen, so dass alle Komponenten zwischen dem betroffenen Knoten und dem Ziel-Endsystem dieses Bit nicht löschen und das Ziel-Endsystem durch die Ende-zu-Ende-Flusskontrolle das Quell-Endsystem zur Reduzierung der ins Netz gesendeten Datenmenge bewegen kann.

Steuerfeld

Das Steuerfeld (control field) kennzeichnet, wie beim LAP-B-Verfahren, die Art des Blocks, die Art der Befehle und Meldungen. Hier unterscheidet man die drei Blocktypen I, S und U. I-Blöcke transportieren die Schicht-3-Daten, S-Blöcke dienen der Steuerung der Datenübertragung, U-Blöcke werden zum Auf- und Abbau von Verbindungen verwendet.

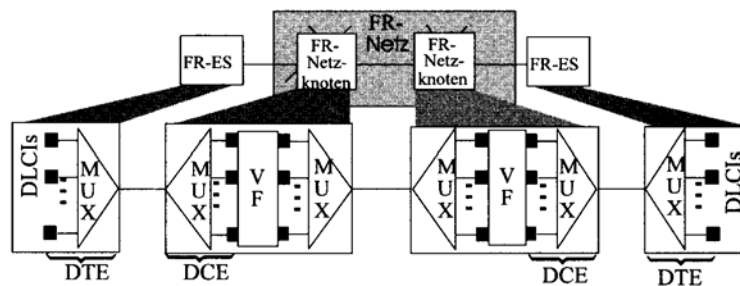
Blockprüfungsfeld

Das Blockprüfungsfeld (engl. Frame Checking Sequence — FCS) besteht aus zwei Oktett. In dem Blockprüfungsfeld wird ein Bitmuster übertragen, mit dessen Hilfe die Empfängerinstanz einen übertragenen Block als fehlerfrei übertragen erkennen kann. Das Blockprüfungsfeld wird beim Sender erzeugt, indem der gesamte Block nach dem Flag durch ein Generatorpolynom geteilt und der invertierte Rest als FCS übertragen wird.

Generatorpolynom: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

3.2.2 FR-Verbindungen

Aus Sicht der Adressierung stellt ein FR-Netz eine Vernetzung statistischer Multiplexer dar. Für die Datenkommunikation über ein FR-Netz müssen virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindungen zwischen den entsprechenden Endsystemen aufgebaut werden. Logisch gesehen stellt eine virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindung eine logische Verknüpfung von Multiplexer-Ports in zwei Endsystemen dar, um die Daten in beide Richtungen austauschen zu können. Die FR-Verbindungen sind duplexfähig, d.h. sie lassen gleichzeitig Senden und Empfangen zu. Zurzeit arbeiten die FR-Netze nur auf der Grundlage von festen virtuellen Verbindungen, die vom Netzbetreiber zuerst über ein Netzmanagementsystem eingerichtet werden und so lange vorhanden sind, bis sie wieder gelöscht werden.



FR-ES: FR-Endsystem, VF: Vermittlungsfunktion, MUX: Multiplexerfunktion

Bild 31 FR-Netz als Vernetzung von statistischen Multiplexern

Die Aufgabe jedes FR-Netz-knotens ist es, die empfangenen Frames weiterzuleiten, was als Vermittlungsfunktion zu bezeichnen ist. Für jede physikalische Eingangsleitung wird eine

Vermittlungstabelle im Netzknoten geführt, in der für jeden möglichen Eingangswert von DLCI (logischer Eingangskanal) die physikalische Ausgangsleitung und der Ausgangs-DLCI (d.h. logischer Ausgangskanal) angegeben wird. Kommt ein Frame an, so wird der DLCI-Wert abgelesen und nach der Vermittlungstabelle für den abzusendenden Frame die physikalische Ausgangsleitung und der Ausgangs-DLCI bestimmt. Jede Ende-zu-Ende-Verbindung lässt sich als eine Reihe von Angaben (*physikalische Leitung, DLCI*) beschreiben.

(27) Es ist zwischen zwei Arten von FR-Netzen zu unterscheiden:

- diejenigen mit globaler Adressierung (global addressing) und
- diejenigen mit lokaler Adressierung (local addressing).

Bei der globalen Adressierung handelt es sich um einen Sonderfall, in dem ein DLCI-Wert netzweite Bedeutung hat, so dass er im Netz nur einmal benutzt werden darf. Das Ziel dieser Lösung ist es, die Adressierung im Netz zu vereinfachen. In diesem Fall kann jede virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindung eindeutig über einen DLCI-Wert identifiziert werden und die Vermittlungsfunktion realisiert keine DLCI-Umsetzung. Da aber ein DLCI nur einmal benutzt werden darf, schränkt dies die Anzahl der möglichen Verbindungen innerhalb eines Netzes ein, so dass oft die Frames mit der erweiterten Adressierung, d.h. mit dem 3 bzw. 4 Byte langen Steuerungsfeld verwendet werden müssen.

Bei der lokalen Adressierung handelt es sich um einen allgemeinen Fall, in dem ein DLCI-Wert nur lokale Bedeutung hat, d.h. er ist nur auf einer physikalischen Leitung von Bedeutung. Jeder DLCI-Wert kann somit im Netz mehrfach benutzt werden.

Für die netzinterne Übermittlung von Frames kann auch eine herstellerspezifische Lösung (herstellerspezifisches Protokoll) genutzt werden.

3.2.3 FR-Zugangskomponenten

Für den Anschluss von Systemen an FR-Netze, die keine Daten im FR-Format senden und empfangen können, sind bestimmte Zugangskomponenten notwendig. Da FR-Netze oft nur als reine Transitnetze (Backbone-Netze) dienen, wird der Zugang realisiert mit Hilfe:

- eines Routers,
- einer FRAD-Einrichtung (Frame Relay Assembly/Disassembly).

Router mit FR-Interfaces werden eingesetzt, um LANs über FR-Netze miteinander zu vernetzen. Die meisten Router-Hersteller unterstützen inzwischen FR-Anschlüsse.

Eine FRAD-Einrichtung entspricht einer PAD-Einrichtung an einem X.25-Netz und stellt ein eigentliches FR-Endsystem dar.

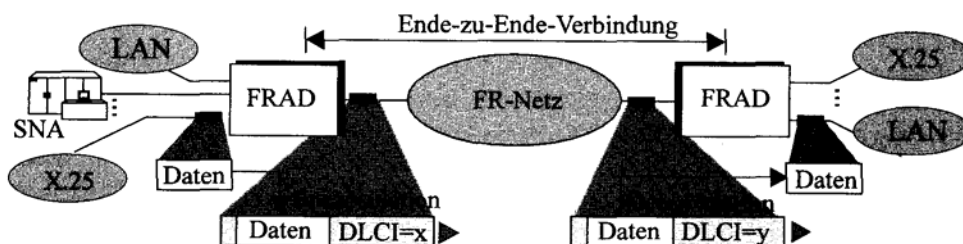
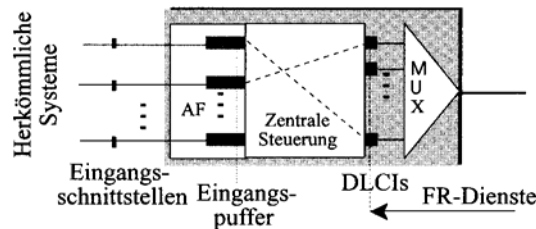


Bild 32 Beispiel für den Einsatz eines FR-Netzes

Wie hier ersichtlich werden die über das FR-Netz zu sendenden Daten in einer FRAD-Einrichtung in Frames eingebettet (Encapsulation) und über das FR-Netz in Frames übermit-

telt. In der Ziel-FRAD-Einrichtung werden diese Daten aus den empfangenen Frames herausgenommen (Decapsulation). Über eine FRAD-Einrichtung können meistens unterschiedliche Systeme wie z.B. LANs, X.25-Netze und -Switches oder andere herstellerspezifische Komponenten (z.B. SNA-Komponenten von IBM) an ein FR-Netz angeschlossen werden. Die logische Struktur einer FRAD-Einrichtung in großer Vereinfachung zeigt das folgende Bild.



AF: Anpassungsfunktionen, MUX: Multiplexerfunktion

Bild 33 Vereinfachte logische Struktur einer FRAD-Einrichtung

Die von herkömmlichen Systemen empfangenen Daten müssen im allgemeinen zuerst in den entsprechenden Eingangspuffern zwischengespeichert werden. Jeder Eingangsschnittstelle kann ein (bzw. mehrere) DLCI-Wert(e) zugeordnet werden. Ein DLCI-Wert ist als ein Multiplexerport zu interpretieren. Die in einem Eingangspuffer liegenden Daten werden nach Bedarf eventuell zuerst segmentiert, falls die Datenmenge größer als 8188 Byte ist (vgl. Bild 4.1-6), und dann in Frames mit dem diesem Eingangspuffer zugewiesenen DLCI-Wert eingebettet. Logisch gesehen werden die zu sendenden Frames im Port am Multiplexer abgespeichert.

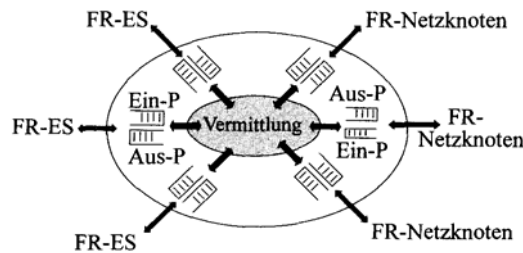
3.2.4 Verkehrssteuerung in FR-Netzen

Die wichtigste Aufgabe eines FR-Netzes ist es, den einzelnen virtuellen Ende-zu-Ende-Verbindungen über das Netz eine dem aktuellen Bedarf entsprechende Übertragungskapazität zu Verfügung zu stellen. Die Übertragungskapazität einer virtuellen Verbindung in Bit/s kann als deren *Bandbreite* interpretiert werden. Im allgemeinen lassen sich mehrere virtuelle FR-Verbindungen über eine Anschlussleitung realisieren. Da in der Regel eine aktive FR-Verbindung die vorhandene Übertragungskapazität (Bandbreite) der Anschlussleitung und die Ressourcen des FR-Netzes nicht ausschließlich allein nutzt, entsteht das Problem der gerechten Aufteilung von Netzressourcen zwischen mehreren aktiven Verbindungen. Somit ist eine Steuerung des Datenverkehrs sowohl am Netzzugang als auch innerhalb des Netzes notwendig.

3.2.4.1 Überlastprobleme in FR-Netzen

Jedes FR-Netz verfügt über eine bestimmte Menge von Ressourcen (Speicher in Knoten, Übertragungskapazität von Leitungen), die durch die einzelnen aktiven Verbindungen dynamisch „verbraucht“ werden. Sind derartige Ressourcen knapp, können gewisse Engpässe im Netz entstehen, so dass man von einer Netzüberlastung sprechen kann. Da ein FR-Netzknoten über eine begrenzte Speicherkapazität für die Zwischenspeicherung von Frames verfügt, können nicht immer alle ankommenden Frames im Knoten aufgenommen werden.

Die aus einer Leitung empfangenen Frames werden daher in einem Eingangspuffer zwischengespeichert und bilden somit eine Warteschlange vor der Vermittlung. Die Aufgabe der Vermittlung besteht im allgemeinen in der Weitergabe von Frames zu einem Ausgangspuffer vor einer physikalischen Ausgangsleitung und zusätzlich einer DLCI-Umsetzung.



Ein-P: Eingangspuffer Aus-P: Ausgangspuffer ES: Endsystem
 Bild 34 Vereinfachte Struktur eines FR-Netzknnotens

Im allgemeinen repräsentiert eine Warteschlange von Frames in einem Eingangs- bzw. Ausgangs-Puffer eine Liste von Frames mit unterschiedlichen DLCIs. Man kann annehmen, dass jede solche Liste sich aus mehreren Teillisten zusammensetzt, wobei jede Teilliste nur die Frames mit einem DLCI-Wert enthält. Jede Teilliste kann wiederum logisch als eine individuelle Warteschlange von Frames eines logischen Kanals gesehen werden. Der Speicherplatz für die Zwischenspeicherung von Frames aus einer Teilliste repräsentiert einen Port des logischen Multiplexers.

(28) Da jeder FR-Netzknottens in der Lage ist, nur eine begrenzte Anzahl von Frames aufzunehmen, können negative Auswirkungen entstehen, wie z.B.:

- Die Eingangspuffer in Netzknottens sind voll, was dazu führt, dass die eintreffenden Frames verworfen werden müssen.
- Es bilden sich lange Warteschlangen von Frames vor den Übertragungsleitungen, was große Verweilzeiten der Frames im Netz verursacht. Dadurch entstehen große Verzögerungen während der Übertragung auf den einzelnen FR-Verbindungen.

Daher müssen Maßnahmen ergriffen werden, um derartige negative Auswirkungen aufgrund der Überlastung des Netzes zu vermeiden. Dies führt zur Überlastkontrolle¹⁰ (Congestion Control). Darunter werden alle Vorkehrungen am Netzzugang und innerhalb des Netzes verstanden, die verhindern, dass das Netz überlastet wird. Die wichtigsten Kriterien für die Beurteilung der Überlastung von Netzen sind:

- Durchsatz¹¹,
- Verzögerung (Datenverweilzeit) im Netz.

Ist der Datenverkehr im Netz klein (kleine Belastung), so werden alle ankommenden Frames durch das Netz aufgenommen. Bei einer kleinen Belastung des Netzes müssen normalerweise keine Vorkehrungen gegen die Überlast ergriffen werden. Dagegen müssen bestimmte Maßnahmen bei einer großen Netzbelastung immer vorgenommen werden, um die Überlastung zu vermeiden. Diese Maßnahmen führen zur Einschränkung der Datenmenge, die ins Netz gesendet werden darf.

In der Überlastsituation nimmt der Durchsatz mit zunehmendem Datenverkehr sehr stark ab. In diesem Fall werden die im Netz übertragenen Frames oft aus Überlastgründen verworfen, so dass deren Ende-zu-Ende-Übertragung wiederholt werden muss wodurch eine noch stärkeren Überlastung des Netzes verursacht wird. In Überlastsituationen muss mit großen Ver-

¹⁰ Die Überlastkontrolle hat auch eine große Bedeutung in ATM-Netzen.

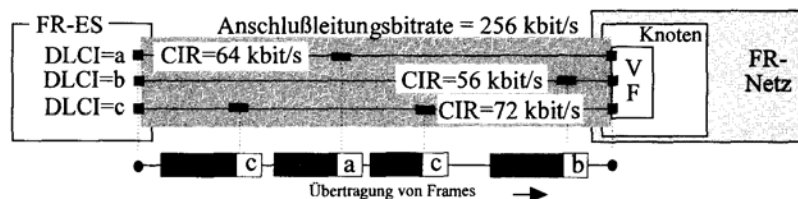
¹¹ Unter dem *Durchsatz* eines Netzes versteht man den Anteil des Datenverkehrs, der von dem Netz akzeptiert wird.

zögerungen für die Datenübertragung im Netz gerechnet werden. Die wichtigste Maßnahme für die Vermeidung von Überlasten besteht in der Einschränkung der Datenströme, die ins Netz fließen.

3.2.4.2 Verkehrssteuerung am Netzeingang

Alle Maßnahmen, die zur Vorbeugung der Überlastsituationen im Netz und somit deren Folgen dienen, müssen normalerweise am Netzzugang getroffen werden. Die Verkehrssteuerung am Netzzugang hat hauptsächlich die Aufgabe, die ins Netz gesendete Datenmenge so zu überwachen, dass die vorhandenen Netzressourcen möglichst gerecht zwischen den aktiven Verbindungen aufgeteilt werden. Um den Verbrauch dieser Ressourcen durch die einzelnen FR-Verbindungen in den Griff zu bekommen, werden den FR-Verbindungen Verkehrsparameter zugeordnet.

Der wichtigste Parameter jeder festen FR-Verbindung ist eine garantierte Datentransferrate über das Netz, die von der Bitrate der physikalischen Anschlussleitung unabhängig ist. Diese garantierte Datentransferrate (Informationsrate) der FR-Verbindung wird als CIR (Committed Information Rate) bezeichnet und kann zwischen 0 kbit/s und der Bitrate der Anschlussleitung liegen. Frames aller aktiven FR-Verbindungen werden über eine physikalische Anschlussleitung immer mit der Bitrate dieser Leitung übertragen.



DLCI: Data Link Connection Identifier ES: Endsystem, VF: Vermittlungsfunktion

Bild 35 Interpretation von CIR

Jeder FR-Verbindung (jedem DLCI-Wert) wird die garantierte Datentransferrate über das Netz als ein CIR-Wert zugeteilt. Die Summe der CIR-Werte aller FR-Verbindungen, die über einen Anschluss unterstützt werden, kann die Bitrate der Anschlussleitung überschreiten. Ist die Summe aller CIR-Werte größer als die Bitrate der Anschlussleitung, so spricht man von einer Überbuchung der Anschlussleitung. Dadurch kann einerseits bessere Ausnutzung der Anschlussleitung erreicht werden, aber andererseits kann es zum Puffer-Überlauf mit den zu sendenden Frames vor der Leitung kommen. Somit müssen einige Frames vor der Leitung zwischengespeichert werden. Wird eine Anschlussleitung sehr stark überbucht, so besteht das Risiko, dass einige Frames vor der Leitung für die Übertragung lange warten müssen, was zu langen Datentransferzeiten zwischen den Anwendungsprogrammen führen kann.

3.2.4.3 Signalisierung von Überlastsituationen

(29) In FR-Netzen besteht die Möglichkeit, eine momentane Überlastsituation den End-Systemen zu signalisieren wofür die BECN- und FECN-Bits im Steuerungsfeld der Frames vorgesehen sind.

- Das BECN-Bit meldet eine Überlastsituation dem Quell-Endsystem (Rückwärts Überlastsignalisierung)
- Das FECN-Bit meldet eine Überlastsituation dem Ziel-Endsystem (Vorwärts-Überlastsignalisierung)

Wird z.B. dem Quell-Endsystem A eine Überlastsituation von A nach B mit Hilfe des BECN-Bits = 1 signalisiert, bedeutet das, dass in einem Netzknoten unterwegs eine Prozedur für Überlastvermeidung aktiviert wurde. Das heißt, dass im betreffenden Knoten empfangene Frames verworfen werden dürfen, wenn sie in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Datenmenge übersteigen. Das Endsystem A sollte daraufhin die ins Netz gesendete Datenmenge verringern.

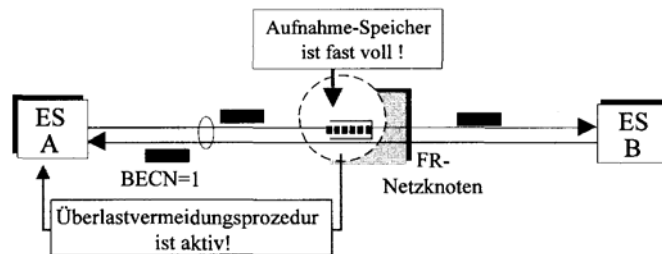


Bild 36 Rückwärts -Überlastsignalisierung mit dem BECN-Bit; ES: Endsystem

Empfängt ein Ziel-Endsystem B ein Frame mit dem auf 1 gesetzten FECN-Bit, deutet dies darauf hin, dass auf der entsprechenden FR-Verbindung ein Netzknoten überlastet ist. Somit wird das Endsystem B aufgefordert, dem Partner-Endsystem A diesen Zustand zu melden.

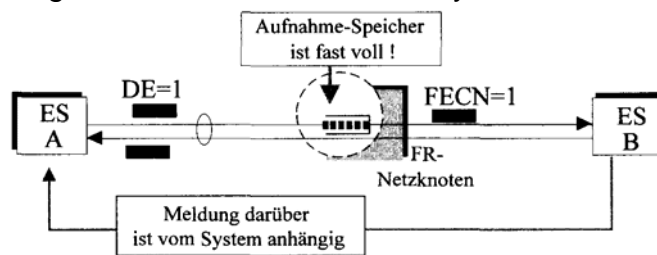


Bild 37 Vorwärts - Überlastsignalisierung mit dem FECN-Bit

Steigt die Überlastung des Netzes trotz der Überlastsignalisierung mit den BECN- und FECN-Bits weiter an, werden zuerst nur die Frames mit dem Bit DE= 1 verworfen. Steigt die Überlast trotzdem noch weiter an, dann kann die Datentransferrate CIR nicht mehr garantiert werden, so dass auch die Frames mit dem Bit DE=0, deren Übertragung das Netz unter den normalen Umständen garantiert, verworfen werden können.

3.2.5 FR-Einsatz

Ursprünglich wurde Frame Relay als ein Protokoll für die Datenübertragung in Form von Frames (Rahmen) über den D-Kanal im Schmalband-ISDN konzipiert. Heutzutage wird das FR-Protokoll vor allem in Weitverkehrsnetzen mit höheren Übertragungsbiraten eingesetzt. Die typischen Anschlussgeschwindigkeiten für FR-Endeinrichtungen liegen im Bitratenbereich von 64 kbit/s bis 2 Mbit/s.

Das FR-Konzept eignet sich besonders für die Übermittlung des unregelmäßigen (burstartigen) Datenverkehrs (z.B. Datenverkehr in LANs), in dem in unregelmäßigen Zeitabständen relativ große Datenmengen zu übertragen sind. Das Frame Relay bietet einerseits im Durchschnitt geringere Verzögerungen als die meisten anderen Protokolle, aber andererseits kann keine maximale Grenze der Verzögerung garantiert werden. Dadurch ist das FR-Protokoll für die Anwendungen nicht besonders geeignet, die sehr empfindlich für die Verzögerungen sind, wie Sprache- und Videoübertragung. Es werden auch auf dem Markt einige FR-Endeinrichtungen angeboten, die es erlauben, unter bestimmten Voraussetzungen die integrierte Sprach- und Datenkommunikation über FR-Netze zu betreiben.

(30) Der Frame-Relay-Dienst wird hauptsächlich für die standortübergreifende Verbindung von lokalen Netzen (LAN) verwendet.

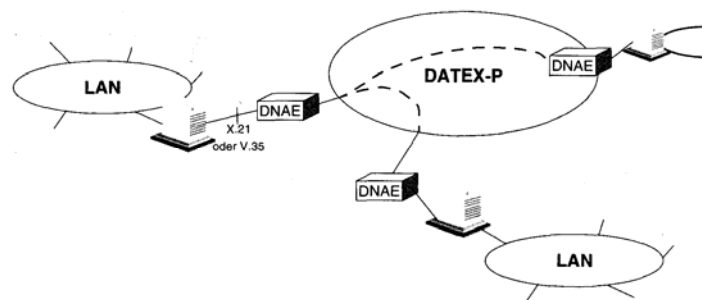


Bild 38 LAN-Kopplung mit dem Frame-Relay-Dienst

Die Anschaltung der Kundennetze erfolgt über einen Server oder Router, der den Dienst Frame Relay nach Q.922 unterstützt und über eine X.21- bzw. V.35-Schnittstelle (V.35 nur in besonderen Fällen) verfügt. Diese Kundeneinrichtung wird an eine Datennetzabschlusseinrichtung (DNAE) angeschlossen. Der Frame-Relay-Dienst arbeitet mit einem speziellen Schicht-2-Protokoll, das in der ITU-T-Empfehlung Q.922¹² (HDLC LAPF) definiert ist. Im Frame-Relay-Dienst bearbeitet das Netz nur die Kernfunktionen des Protokolls LAPF (Q.922) wie Flag-Bearbeitung, Blocklängen-Prüfung, 0-Bit-Einblendung, Adressenbearbeitung und die Bearbeitung der FCS.

Weitere Einsatzmöglichkeiten für Frame Relay sind:

- FR-Netz als Backbone für X.25-Systeme
- FR und Multiplexsysteme
- Corporate Networks auf FR-Basis

¹² Die Empfehlung Q.922 wird im DATEX-P und im Euro-ISDN verwendet. Dieses Protokoll ist nur für den Transport von Nutzdaten ausgelegt.

4 Kontrollfragen

1. Zeichnen und beschreiben Sie das Modell für die Datenkommunikation.
2. Nennen und beschreiben Sie die Netzelemente eines Datenkommunikationsnetzes und beschreiben sie deren Aufgaben.
3. Welche verbindungs- bzw. Betriebsweisen von Datenverbindungen kennen Sie?
4. Welche Datenkommunikationsmöglichkeiten (Benutzerklassen) kennen Sie?
5. Welche Eigenschaften hat der Start-Stopp-Betrieb?
6. Welche Eigenschaften hat der Synchronbetrieb?
7. Welche Eigenschaften hat der Paketbetrieb?
8. Welche Arten der Paketvermittlung kennen Sie?
9. Welche Vorteile bietet die virtuelle Verbindung gegenüber einer Datagrammverbindung?
10. Nennen Sie die Grundsätze des Datex-P.
11. Aus welchen Bestandteilen sind paketvermittelnde TK-Netze zusammengesetzt?
12. Nennen Sie die in Datex-P-Netzen eingesetzten ITU-T-Empfehlungen.
13. Nennen Sie die Aufgaben der OSI-Schichten 1 bis 3 der X.25-Schnittstelle.
14. Beschreiben Sie den prinzipiellen Ablauf einer Datex-P-Verbindung.
15. Beschreiben Sie die Aufgaben einer X.25-Vermittlungsstelle.
16. Beschreiben Sie die Aufgaben der ersten drei Bits des Nutzinformationsteils.
17. Nennen Sie die wichtigste Aufgabe des Schicht-2-Protokolls.
18. Welche Schicht-2-Blockformate kennen Sie?
19. Beschreiben Sie Aufbau und Abbau einer Schicht-2-Verbindung.
20. Nach welchen Gesichtspunkten erfolgt die Fehlerkontrolle in X.25-Netzen?
21. Welche Schicht-3-Nachrichten für Verbindungsaufbau und –abbau kennen Sie?
22. Wofür wird das Protokoll X.75 eingesetzt?
23. Welche Hauptfunktionen muss eine PAD-Einrichtung erfüllen?
24. Was verstehen Sie unter Frame Relay?
25. Wie funktioniert Frame Relay?
26. Beschreiben Sie das Adressfeld eines Frame-Relay-Blocks.
27. Welche Adressierungsverfahren können in Frame-Relay-Netzen angewendet werden?
28. Wie wirkt sich die Überlastung eines Frame-Relay-Netzes aus?
29. Wie wird Überlast in Frame –Relay-Netzen gemeldet?
30. Wofür wird Frame Relay eingesetzt?

5 Bilder und Tabellen

Bild 1 Modell für die Datenkommunikation 3

Bild 2 Schnittstellen der Datenübertragungseinrichtung 3

Bild 3 Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Mehrpunkt-Konfiguration..... 4

Bild 4 Rahmen beim Start-Stopp-Betrieb..... 5

Bild 5 Festlegung der X.21-Schnittstelle..... 5

Bild 6 Rahmenstruktur bei der synchronen Übertragung..... 5

Bild 7 Grundsätzlicher Paket-Aufbau..... 6

Bild 8 Datentransferzeit 7

Bild 9 Prinzip eines paketvermittelten Datennetzes..... 8

Bild 10 ITU-T--Empfehlungen im Bereich des Datex-P 9

Bild 11 Definitionsbereich der X.25-Schnittstelle im OSI-Referenzmodell..... 10

Bild 12 Protokollelemente der einzelnen Schichten..... 10

Bild 13 Vermittlung im DATEX-P 11

Bild 14 Prinzipieller Ablauf einer Datenverbindung..... 11

Bild 15 Kanalnummernvergabe nach ITU-T 12

Bild 16 Allgemeine Struktur der X.25-Pakete 13

Bild 17 Definition eines Übermittlungsabschnitts..... 14

Bild 18 Aufbau eines Schicht-2 -Blocks 15

Bild 19 Festlegung der Schicht-2-Adressen 15

Bild 20 Codierung der verschiedenen Schicht-2-Blöcke 16

Bild 21 2-stufige Fehlerkontrolle in X.25-Netzen 18

Bild 22 Verbindungsaufbau-Paket Verbindungsabbau-Paket..... 20

Bild 23 Datenpaket 20

Bild 24 Einsatz des X. 75-Protokolls..... 21

Bild 25 PAD-Bedeutung..... 22

Bild 26 PAD-Funktionen 22

Bild 27 Triple X-Standards..... 23

Bild 28 Datenübermittlung nach Frame Relay 23

Bild 29 Referenzmodell für die Übertragung von Benutzerdaten..... 24

Bild 30 I-Block nach Q.922 25

Bild 31 FR-Netz als Vernetzung von statistischen Multiplexern..... 26

Bild 32 Beispiel für den Einsatz eines FR-Netzes..... 27

Bild 33 Vereinfachte logische Struktur einer FRAD-Einrichtung 28

Bild 34 Vereinfachte Struktur eines FR-Netzknotens..... 29

Bild 35 Interpretation von CIR..... 30

Bild 36 Rückwärts -Überlastsignalisierung mit dem BECN-Bit; ES: Endsystem 31

Bild 37 Vorwärts - Überlastsignalisierung mit dem FECN-Bit 31

Bild 38 LAN-Kopplung mit dem Frame-Relay-Dienst..... 32

Tabelle 1 Benutzerklassen für den Start-Stopp-Betrieb (ITU-T X.1)..... 5

Tabelle 2 Benutzerklassen für den Synchronbetrieb (nach ITU-T X.1) 6

Tabelle 3 Benutzerklassen für den Paketbetrieb (nach ITU-T X.1) 6

Tabelle 4 Schicht 3 Pakete..... 19

Tabelle 5 X. 75PLP-Pakettypen 22

6 Abkürzungen

ANSIAmerican National Standards Institute
 ATMAsynchronous Transfer Mode
 BECN.....Backward Explicit Congestion Notification, Überlast-Rückwärtsanzeige
 CIRCommitted Information Rate
 DE.....Discard Eligibility, Wegwerf-Erlaubnis
 DEEDatenendeinrichtung
 DISCDisconnect
 DLCData Link Control
 DLCIData Link Connection Identifier“ (
 DLPData Link Protocol
 DMDisconnected mode
 DÜEDatenübertragungseinrichtung
 DVSt-PDaten-Paketvermittlungsstelle
 FCSFrame Checking Sequence
 FECN.....Forward Explicit Congestion Notification, Überlast-Vorwärtsanzeige
 FR.....Frame Relay
 FRADFrame Relay Assembly/Disassembly
 FRMRFrame reject
 GFI.....General Format Identifier
 HDLCHigh Level Data Link Control
 ISDNIntegrated Services Digital Network
 ISOInternational Standardization Organisation
 ITU-T.....International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization
 Sector
 LAP-BLink Access Procedure, Balanced
 LAP-DLink Access Procedure for the D-Channel
 LAP-M.....Link Access Procedure for Modems
 LCILogical Channel Identifier
 LCILogical Channel Identifier
 OSIOpen Systems Interconnection
 PADPacket Assembly Disassembly Paketbildungs-/auflöseinrichtung
 PDUProtocol Data Unit
 PLPPacket Layer Protocol
 PTIPacket Typ Identifier
 REJ.....Reject
 RNR.....Receiver not ready
 RRReceiver ready
 SABM.....Set asynchronous balanced mode
 STE.....Signalling Terminal Exchange
 UA.....Unnumbered acknowledge
 Z-DTEzeichenorientierte Datenendeinrichtungen

7 Literatur

- [1] Tosse, Heubach, Switch On CD-ROM Telekommunikationstechnik, CD-ROM 1999, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, ISBN 3-446-21255-8
- [2] Ulrich Freyer, Nachrichtenübertragungstechnik, Carl Hanser Verlag, 1994, ISBN 3-446-17724-8
- [3] Herter, Lörcher, Nachrichtentechnik, Carl Hanser Verlag, 2000, ISBN 3-446-21405-4
- [4] Anatol Badach, Integrierte Unternehmensnetze, Hüthig Verlag Heidelberg, 1997, ISBN 3-7785-2562-X
- [5] Gerd Siegmund, Technik der Netze, Hüthig Verlag Heidelberg, 1999, ISBN 3-7785-2637-5
- [6] Harald Orlamünder, High-Speed-Netze, Hüthig Verlag Heidelberg, 2000, ISBN 3-7785-3940-X,