



Bereich Friedberg
Fachbereich E II

Labor für Telekommunikation

ISDN Layer2

ISDN

Laborversuch Schicht 2 (Data Link Layer)

1 Ziel des Laborversuchs

In diesem Versuch sollen die verschiedenen Funktionen der Schicht zwei des ISDN D-Kanal Protokolls behandelt werden. Neben einer allgemeinen Einführung in die Aufgaben einer Sicherungsschicht sollen einige Prozeduren zum besseren Verständnis im Detail analysiert und interpretiert werden.

2 Grundlagen

Für die Durchführung dieses Versuchs wird die Teilnahme an dem vorangehenden Laborversuchen zur Schicht eins des ISDN D-Kanal Protokolls und der Bedienung der verwendeten Simulations- und Meßgeräte, sowie die sinnerfassende Lektüre der Ver-suchsbeschreibung vorausgesetzt.

2.1 Das OSI-Referenzmodell

Das OSI-Referenzmodell (OSI = Open Systems Interconnection; Schichtenmodell) wurde Anfang der Achtziger Jahre von der Internationalen Organisation für Standardisierung definiert. Es wurde schnell zum Standard-Architekturmodell für die Kommunikation zwischen Rechnern. Das komplexe Problem des Datenaustauschs über ein Medium wird durch eine Aufteilung in sieben funktionale Schichten leichter zu überschauen und zu handhaben. Die Schichten sind hierarchisch gegliedert, und jeder Schicht sind spezifische Aufgaben zugeordnet. Eine Schicht stellt ihre Dienste der jeweils höheren bei Bedarf zur Verfügung, während sie ihrerseits auf die Dienste der untergeordneten Schicht zugreift. Dies erfolgt über virtuelle Zugriffspunkte, die als SAP (Service Access Point) bezeichnet werden. Bietet eine Schicht mehrere verschiedene Dienste an, so werden diese durch eine individuelle Kennung, den SAPI (Service Access Point Identifier) unterschieden. Der Informationsaustausch in vertikaler Richtung erfolgt durch festgelegte Meldungen, sogenannte Primitives. Es kann sich dabei sowohl um Befehle einer übergeordneten Schicht an eine untergeordnete handeln, als auch um Meldungen über ausgeführte Befehle in umgekehrter Richtung. Um eine Kommunikation mehrerer Teilnehmer zu ermöglichen, ist es nötig, sich auf eine gemeinsame Syntax für jede der beteiligten Schichten zu einigen. Diese Vereinbarungen werden als Schichten-Protokolle bezeichnet.

- * Für die Schicht eins (Bitübertragungsschicht, Physical Layer) wird festgelegt, auf welchem Medium die Nachricht übertragen werden soll, auf welche Weise eine Synchronisation zwischen Sender und Empfänger hergestellt wird und mit welchem Code und welcher Bitrate übertragen wird.
- * Das Schicht-zwei-Protokoll (Sicherungsschicht, Link Layer) regelt im wesentlichen die Paketierung der Daten, die Flußsteuerung zwischen den Stationen, eine Datensicherung mittels Quittierung, sowie den kontrollierten Zugriff auf das Medium (Medium Access Control), bei Systemen mit konkurrierenden Teilnehmern.
- * Die Schicht drei (Vermittlungsschicht, Network Layer) benötigt in ihrem Protokoll Vereinbarungen über Signalisierung, Protokollkennung sowie die Verwaltung von Leitungen (Call Reference).

Die ersten drei Schichten bezeichnet man als netzorientiert, sie dienen der Übermittlung der zum Betrieb notwendigen Steuerdaten zwischen Endgerät und Vermittlungsstelle. Die Schichten vier bis sieben sind anwenderorientiert. Sie sind für das ISDN D-Kanal Protokoll nicht definiert.

Zwischen gleichen Schichten verschiedener Kommunikationsteilnehmer besteht eine logische Verbindung (Peer to peer communication). Zu diesem Zweck hängt eine Schicht den ihr von oben übergebenen Daten eigene Informationen (Header) an. Auf diese Weise gelangen die Daten bis zur untersten Schicht und können auf dem Medium übertragen werden. Im Empfänger durchlaufen die Daten die Schichten dann in umgekehrter Richtung von unten nach oben. Jede Schicht erkennt hierbei die für sie bestimmten Informationen und entfernt diese, bevor sie die Daten an die nächsthöhere Schicht weitergibt.

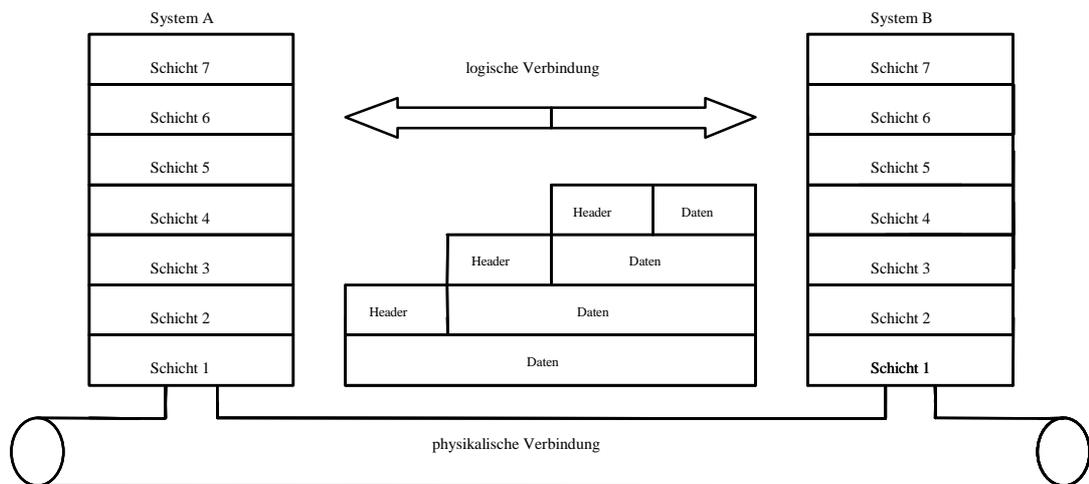


Abb. 1: Das OSI-Schichtenmodell

2.2 Das Problem der Zugriffssteuerung:

Wird für die Übertragung von Daten ein Medium von mehreren Stationen gemeinsam benutzt, so muß ein Mechanismus den Verlust von Daten durch Kollisionen verhindern. Dies trifft sowohl auf den S_0 -Bus zu, als auch auf die verschiedensten Rechnernetze. Beim ISDN besteht zu-mindest theoretisch die Möglichkeit, daß bis zu acht Endgeräte gleichzeitig auf den gemeinsamen Signalisierungskanal zugreifen, um einen Nachrichtenaustausch einzuleiten. Von Kollisionen spricht man, wenn die Stationen zeitgleich und im gleichen Frequenzbereich ihre Nachrichten auf den Übertragungskanal geben. Die betreffenden Datenblöcke werden inhaltlich verfälscht oder sie können wegen defekter Adressen keinem Empfänger zugeordnet werden und gehen verloren. Bei den Verfahren zur Zugriffssteuerung unterscheidet man zwischen den zwei Prinzipien: Polling (kontrollierter Zugriff) und Random Access (Vielfachzugriff).

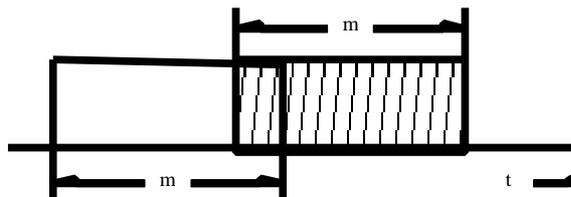


Abb. 2: Kollision von Datenblöcken

2.2.1 Polling

Polling-Verfahren vermeiden Kollisionen von Datenblöcken durch einen kontrollierten Zugriff auf das Übertragungsmedium. Hierbei kann die Kontrolle entweder zentral durch eine Kontrollstation ausgeübt werden (Roll-Call-Polling), oder von Station zu Station weitergegeben werden (Hub-

Polling). Für die Übertragung von Signalisierungsinformationen auf dem ISDN-D-Kanal bieten sich Polling-Verfahren nicht an, da die Endgeräte am S_0 -Bus vom Benutzer beliebig an- und abgesteckt werden dürfen. Ein kontrollierter Zugriff wäre dann nur mit einer aufwendigen Prozedur zur Überwachung und Verwaltung der angeschlossenen Endgeräte zu realisieren.

2.2.2 Random Access

Das Prinzip der Random Access-Verfahren gestattet den Stationen, ihre Informationen bei Bedarf zu übertragen. Es nimmt durch zufälligen Zugriff auf das Medium Kollisionen von Datenblöcken in Kauf, stellt aber Mechanismen zur Kollisionserkennung und Kollisionsauflösung zur Verfügung, um einen Datenverlust zu verhindern. Ein Zugriff mittels Random Access empfiehlt sich speziell für Anwendungen, die einen stoßweisen Verkehr (Burst-Verkehr), interaktive Benutzer und unregelmäßigen Zugriff auf das Medium erwarten lassen. Diese Voraussetzungen treffen auf den D-Kanal des S_0 -Bus zu. Kollisionen können hier in den Zeiträumen zwischen den Verkehrsspitzen abgearbeitet werden. Sämtliche Random Access-Verfahren gehen prinzipiell auf das Aloha-Verfahren zurück.

Das Aloha-Verfahren:

Entdeckt eine sendende Station im Aloha System durch gleichzeitiges Abhören des Mediums eine Kollision von Datenblöcken, so versucht sie, ihre zerstörte Nachricht anschließend nochmals zu übertragen. Der Mechanismus zur Kollisionsauflösung stellt dazu, nach einer gewissen Reaktionszeit, ein Intervall (K), mit der k -fachen Länge eines Datenblocks (m) zur Verfügung. Innerhalb dieses Intervalls versuchen die an der Kollision beteiligten Stationen unabhängig voneinander, ihre Nachricht erneut zu übertragen. Mit der Länge des zur Wiederübertragung erlaubten Zeitabschnitts sinkt die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Kollision. Nimmt man an, daß zur Auflösung das Intervall $K = k \times m$ verwendet wird, so wählt sich daraus jede Station einen bestimmten Zeitabschnitt zufällig, mit der Wahrscheinlichkeit $P_1 = P_2 = 1/k$ aus. Die Wahrscheinlichkeit, daß beide Stationen den gleichen Zeitschlitz auswählen und die Blöcke erneut kollidieren, ergibt sich dann aus der logischen UND-Verknüpfung dieser beiden Wahrscheinlichkeiten. Sie ist $P_{ges} = P_1 \times P_2 = (1/k)^2$. Für ein Auflösungsintervall mit fünffacher Paketlänge sinkt die Wahrscheinlichkeit einer wiederholten Kollision demnach schon auf $1/25 = 4\%$. Die mittlere Anzahl der Wiederholungen ist abhängig von der Verkehrsdichte im Medium und der Länge des Auflösungsintervalls. Der maximal erreichbare Datendurchsatz ist beim Aloha-Verfahren auf 18% der Kanalkapazität beschränkt.

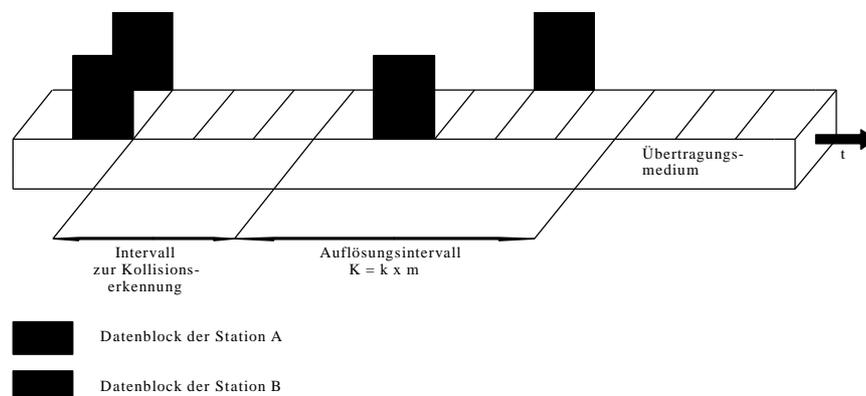


Abb. 3: Auflösung von Kollisionen

Das ALOHA-Verfahren wandelt den parallelen Zugriffsversuch mehrerer Stationen auf ein gemeinsames Medium in einen seriellen Ablauf. Der Unterschied zwischen dem reinen ALOHA-Verfahren und dem im ISDN eingesetzten Slotted-ALOHA-Verfahren besteht in der Synchronisation der Stationen. Dadurch werden die möglichen Kollisionsintervalle von der doppelten auf eine Blocklänge reduziert und der erreichbare Datendurchsatz auf 36 % der Kanalkapazität verdoppelt.

Wegen der Laufzeiten auf dem Medium wird die Synchronisation zum begrenzenden Faktor für die maximale Installationslänge eines S₀-Busses.

2.3 Erkennung und Behandlung von Übertragungsfehlern

Treten bei der Übertragung von Datenblöcken Fehler auf, so muß das System solche erkennen können und Mechanismen zur Fehlerbeseitigung zur Verfügung stellen. ARQ-Verfahren versehen die Datenblöcke zu diesem Zweck mit Folgenummern. Anhand dieser Folgenummern kann der Empfänger die eintreffenden Datenblöcke auf die korrekte Reihenfolge überprüfen und das Fehlen von Blöcken feststellen. Korrekt empfangene Blöcke werden dem Sender bestätigt. Im Fehlerfall werden die betreffenden Datenblöcke beim Sender durch eine negative Bestätigung des Empfängers oder durch Ansprechen eines Timers erneut angefordert. IRQ-Verfahren verlangen die positive Bestätigung des vorangegangenen Blocks, bevor ein neuer Block ausgesendet werden darf. Die CRQ-Verfahren verbessern die Kanalausnutzung, indem sie dem Sender gestatten, mehrere Datenblöcke in Folge auszusenden. Zur Verwaltung der gesendeten, aber noch nicht bestätigten Blöcke verfügen Sender und Empfänger über Speicher. Das Verfahren der Selektiven Wiederübertragung verlangt eine einzelne Bestätigung jedes eingegangenen Datenblocks. Das Go-Back-N-Verfahren interpretiert die Bestätigung des Blockes N als Bestätigung aller zuvor in der richtigen Reihenfolge eingetroffenen und noch unbestätigten Blöcke.

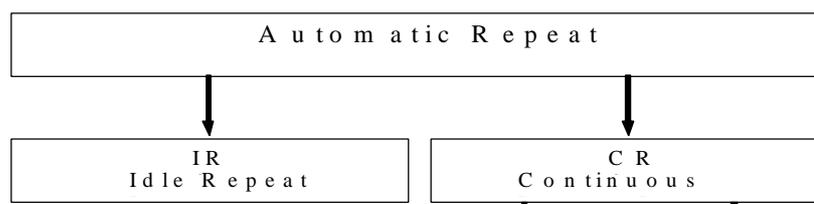


Abb. 4 Gliederung der vorgestellten ARQ-Verfahren

2.4 Fluß und Verkehrssteuerung

Aufgabe einer Flußsteuerung ist es, die Übermittlungsrate eines Senders so zu kontrollieren, daß ein Empfänger mit geringerer Arbeitsgeschwindigkeit und begrenzter Speichergröße sicher alle Daten aufnehmen kann. Zur Realisierung existieren auch hier wieder verschiedene Strategien. Die einfachste Möglichkeit stellt das X-On/X-Off Verfahren dar. Gelangt die Aufnahmekapazität des Empfängers an ihre Grenze, so übermittelt der Empfänger den Steuerbefehl X-Off. Daraufhin stellt der Sender die Übertragung ein. Erst wenn der Empfänger mit der Meldung X-On seine Bereitschaft signalisiert, neue Daten aufzunehmen, setzt der Sender die Nachrichtenübertragung fort. Dieses Protokoll versagt, wenn einer der Steuerbefehle verlorengeht. Aus diesem Grund ist es nur für störungsarme Kanäle geeignet.

Eine weitere Möglichkeit zur Flußsteuerung bietet die Fenstermethode (Sliding Window-Protokoll). Sie stellt eine Ergänzung der CRQ-Verfahren dar, indem sie Festlegungen über die Anzahl der Blöcke trifft, die ohne Bestätigung ausgesendet werden dürfen und diese verwaltet. Ist die maximale Anzahl erreicht, wird der Sender blockiert. Das Sendefenster enthält die Nummern der Blöcke, die bereits gesendet wurden und noch auf ihre Bestätigung warten, sowie jene, die innerhalb des festgelegten Kredits noch gesendet werden dürfen. Geht eine Bestätigung ein, dann verschiebt sich

das Fenster nach oben. Die Nummerierung der Blöcke erfolgt zyklisch. Modulo n ist die Bezeichnung einer Zählweise, die den Blöcken Zahlen von null bis $(n-1)$ zuordnet. Wird der Wert $(n-1)$ erreicht so springt der Zähler wieder auf null. Ein Sendefenster ist vollständig definiert, wenn oberer und unterer Fensterrand, sowie die Nummer des als nächsten zu sendenden Blockes bekannt sind.

3 Für den ISDN Basisanschluß ist die Größe des Sendefensters auf einen Block festgelegt. Die Zählweise ist Modulo 128. In dieser Konfiguration entspricht die Wirkungsweise des CRQ-Verfahrens dem einfacheren IRQ-Verfahren. Aufgrund der großzügigen Dimensionierung des D-Kanals ist man nicht auf eine sparsame Nutzung des Kanals angewiesen. Beim Primär-multiplexanschluß arbeitet das CRQ-Verfahren bereits mit der Fenstergröße sieben.

3 Das ISDN D-Kanal Protokoll

Das ISDN D-Kanal-Protokoll umfaßt die Schichten eins, zwei und drei des OSI-Referenzmodells. Der zwischen Vermittlungsstelle und Endgeräten angeordnete Network Terminator beeinflusst Vorgänge auf den Schichten zwei und drei nicht, da er nur Schicht eins Funktionen ausführt. Für die Zeichengabe zwischen den Vermittlungsstellen wird ein Zentraler-Zeichengabekanal (ZZK) verwendet. Der D-Kanal wird also nicht von Benutzer zu Benutzer durchgeschaltet. Die Schichten vier bis sieben sind für das Protokoll nicht definiert, da sie anwenderorientiert sind und zur Datenübertragung nicht benötigt werden. Die Parameter zur physikalischen Übertragung auf dem Medium beschreibt die Schicht eins. Sie stellt ihre Dienste den höheren Schichten zur Verfügung, ist hier aber nicht Gegenstand der Betrachtung.

3.1 Schicht zwei des ISDN D-Kanal Protokolls

3.2 Der Aufbau der Schicht zwei entspricht weitgehend dem HDLC-Protokoll (HDLC = High level Data Link Control). Er ist in den CCITT-Empfehlungen I.440 und I.441 beschrieben, die auch in die nationale Richtlinie 1TR6 und in den Standard EDSS1 für die europäische Norm übernommen wurden. Die Hauptaufgabe der Schicht zwei besteht darin, eine sichere Übertragung der Steuerdaten für die höheren Schichten zu organisieren. Sie bearbeitet den Auf- und Abbau der Verbindungen, kontrolliert den Nachrichtenfluß, führt eine Fehlererkennung, sowie eine Fehlerbehandlung durch und verwaltet die Prozeduren zur Identifikation der Endgeräte.

3.3 Rahmenbildung

Die Rahmenbildung dient der gesteuerten und gesicherten Datenübertragung. Zu diesem Zweck werden die Nachrichten in Blöcke unterteilt und durch Prüf- und Steuerinformationen der Schicht zwei ergänzt. Anhand dieser zugefügten Informationen kann der Empfänger eine Entscheidung über die Unversehrtheit der empfangenen Nachricht treffen. Fehlerfreie Blöcke werden quittiert, fehlerhafte Blöcke werden erneut übertragen. Die Anforderung an ein derartiges Protokoll ist, mit möglichst wenig Bedarf an Steuerinformationen (Overhead) die Übertragungssicherheit zu maximieren. Dabei muß das Protokoll codeunabhängig sein und dem Benutzer die Verwendung aller möglichen Bitmuster gestatten. Die Rahmenbildung zur gesicherten Nachrichtenübertragung darf nicht mit dem Verpacken von Informationen in Pulsrahmen von Multiplex-Übertragungssystemen verwechselt werden. Die Aufgabe von Multiplexsystemen ist es, Daten zur besseren Kanalausnutzung physikalisch zu komprimieren. Dazu können entweder die Datenrate erhöht werden (TDM-Systeme = Time Division Multiplex), oder die Datenströme mit verschiedenen Trägerfrequenzen parallel übertragen werden (FDM-Systeme = Frequency Division Multiplex).

Das gängigste Verfahren zur Rahmenbildung ist das HDLC-Protokoll (HDLC = Highlevel Data Link Control). Es ist eine Entwicklung der internationalen Organisation für Standardisierung (ISO) und in deren Norm 3309 spezifiziert. Zahlreiche Protokolle zur gesicherten Datenübertragung greifen auf diesen Standard zurück. So zum Beispiel auch die Sicherungsschicht des Paketvermittlungssystems X 25, die auch als LAPB (Link Access Procedure for B-Channel) bezeichnet wird und Schicht zwei des ISDN D-Kanal Protokolls, die man analog dazu auch LAPD (Link Access Procedure for D-Channel)

nennt. Die Übertragung der HDLC-Rahmen erfolgt synchron, für Sender und Empfänger gelten die gleichen Zeitbedingungen. LAPD ist sowohl für Punkt zu Punkt-, als auch für Punkt zu Mehrpunkt Verbindungen geeignet.

Die folgende Tabelle zeigt die Zusammensetzung eines Standard-HDLC-Rahmens. Im Anschluß werden die einzelnen Elemente beschrieben, so wie sie im nationalen ISDN D-Kanal-Protokoll 1TR6 implementiert sind.

3.3.1 Beschreibung der Oktette eines Schicht zwei Rahmens

Anzahl der Oktette	1	1 oder 2	1 oder 2	variabel	2 oder 4	1
Rahmenelement	FLAG	ADDRESS	CONTROL	INFORMATION	FCS	FLAG

Tabelle 1: Oktette eines Standard HDLC-Rahmens

Flag:

Die Flagge eines ISDN-Schicht zwei Rahmens kennzeichnet Rahmenanfang und Ende. Die Tabelle zeigt das ausschließlich für die Flaggen erlaubte Bitmuster. Eine andere Verwendung dieses Bitmusters hätte die Verwechslung von Nutzdaten und Flaggen zur Folge. Sie ist daher nicht zulässig und wird durch ein senderseitiges Einfügen einer "0" nach jeweils fünf "1"-Bits verhindert. Im Empfänger werden die zusätzlich eingefügten Nullen erkannt und eliminiert.

Bit	8	7	6	5	4	3	2	1
Anfangs- und Endflagge	0	1	1	1	1	1	1	0

Tabelle 2: Bitmuster der Begrenzungsflaggen

Address:

Ein Bestandteil eines Schicht zwei Rahmens ist die Schicht zwei Adresse. Sie wird auch als DLCI (Data Link Connection Identifier) bezeichnet und setzt sich aus SAPI (Service Access Point Identifier), TEI (Terminal Endpoint Identifier) und C/R-Bit (Command/Response-Bit) zusammen. Diese Schicht zwei Adresse ermöglicht logische Schicht zwei Verbindungen (Peer to peer communication). Das achte Bit eines Adreßoktettes wird als EA-Bit bezeichnet. Gehört das folgende Oktett noch zur Adresse, hat das EA-Bit den Wert "0". Handelt es sich um das letzte Oktett des Adreßfeldes so wird das durch ein EA-Bit mit dem Wert "1" angezeigt.

Bit	1	2	3	4	5	6	7	8
Oktett 2	SAPI						C/R	0
Oktett 3	TEI							1

Tabelle 3: Adreßfeld eines Schicht zwei Rahmens

Der TEI ist eine Gerätekennung. Bei mehreren logischen Schicht zwei Verbindungen auf einem Kanal gewährleistet er die eindeutige Zuordnung von Nachrichten zu bestimmten

Endgeräten. Dazu muß der TEI-Wert bei allen Schicht zwei Nachrichten mitgesendet werden. Er wird dem Endgerät von der Vermittlungsstelle nach einer festgelegten Prozedur zugeteilt, und bleibt solange geräteintern gespeichert, wie das Gerät am Bus angesteckt ist, oder bis er von der Vermittlungsstelle zurückgenommen wird. Der TEI-Wert ist für den Benutzer nicht von Bedeutung und sollte auch nicht mit einer Endgeräte Auswahlziffer (EAZ) verwechselt werden, welche dem Benutzer das gezielte Anwählen eines bestimmten Endgerätes am Bus ermöglicht. Bei den TEI-Werten handelt es sich um reine Schicht zwei Adressen. Dadurch ist ein Austausch von Steuerungsrahmen und nicht nummerierten Rahmen möglich, ohne in jedem Rahmen die volle Schicht drei Adresse mit übertragen zu müssen. Die Vermittlungsstelle vergibt TEI-Werte von 0 bis 127. Sie werden einem Endgerät immer nur für eine gewisse Zeitspanne zugewiesen. Bei Bedarf kann die Vermittlungsstelle den TEI-Wert eines inaktiven Gerätes abziehen und anderweitig vergeben. Durch diese dynamische Adressierung können in der Vermittlungsstelle erheblich mehr Endgeräte mit einer begrenzten Anzahl von zugelassenen TEI-Werten verwaltet werden, als bei einer statischen Adressierung. Wird ein Gerät neu an den Bus angesteckt, so verfügt es noch nicht über einen eigenen TEI-Wert. Deshalb meldet es sich zur TEI-Anforderung (ID-Request) bei der Vermittlungsstelle mit einer 16-Bit langen Zufallszahl Ri (0-65535). Die Zuweisungsprozedur wird mittels unnumerierten Informationsrahmen übertragen und vom Endgerät durch einen Timer (T202=2s) überwacht. Die Antwort der Vermittlungsstelle, ID assigned (TEI wird zugewiesen) oder ID denied (TEI wird verweigert) verwendet zum gezielten Ansprechen des betreffenden Endgerätes die gleiche Zufallszahl. Die Verweigerung der TEI-Vergabe erfolgt, wenn kein TEI-Wert mehr frei ist. Nach Ablauf des Timers kann erneut eine Anforderung erfolgen. Seitens der Vermittlungsstelle besteht die Möglichkeit, die Endgeräte mittels festgelegter Nachrichten zu überprüfen und die TEI-Werte von Geräten zurückzuziehen, die zwischenzeitlich vom Bus abgesteckt wurden.

Name der Nachricht	Richtung	Codierung							
Identity Request	TE ® NT	0	0	0	0	0	0	0	1
Identity Assigned	NT ® TE	0	0	0	0	0	0	1	0
Identity Denied	NT ® TE	0	0	0	0	0	0	1	1
Identity Check Request	NT ® TE	0	0	0	0	0	1	0	0
Identity Check Response	TE ® NT	0	0	0	0	0	1	0	1
Identity Remove	NT ® TE	0	0	0	0	0	1	1	0
Identity Verify	TE ® NT	0	0	0	0	0	1	1	1

Tabelle 4: Nachrichten zur TEI-Verwaltung

Bei allen TEI-Prozeduren hat das als Management Entity Identifier (MEI) bezeichnete fünfte Oktett den binären Wert (0000 1111). Andere MEI-Werte sind für künftige Anwendungen reserviert. Das sechste und das siebte Oktett enthalten die Zufallszahl Ri. Die Nachrichten zur TEI-Verwaltung sind in Oktett acht enthalten. Oktett neun enthält den Action Indicator (Ai) mit dem entsprechenden TEI-Wert des betreffenden Endgerätes.

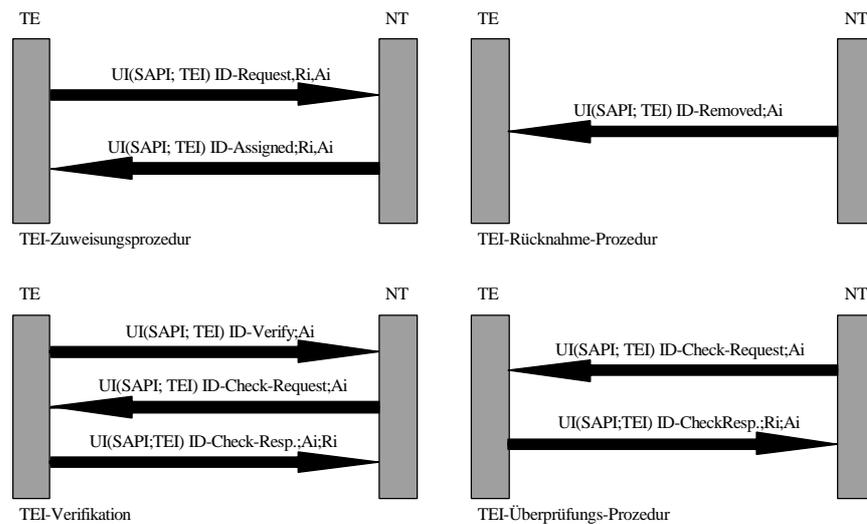


Abb. 5: TEI-Verwaltungsprozeduren

Dabei kommen den verschiedenen TEI-Werten folgende Bedeutungen zu:

- TEI = 0 für Punkt-zu-Punkt Verbindungen (Anschluß von TK-Anlagen an die Vermittlungsstelle)
- TEI = 1 - 63 für fest in den Endgeräten eingestellte TEI-Werte
- TEI = 64 - 126 werden von der Vermittlungsstelle vergeben
- TEI = 127 Gruppen TEI (für TEI Vergabe Prozedur und Rundsenden)

Der SAPI sorgt für eine Kennung der verschiedenen, von der Schicht zwei angebotenen Dienst-Zugriffspunkte (SAP = Service Access Point). Er dient somit der Orientierung in horizontaler Richtung zwischen den Schichten. Im ISDN sind 64 verschiedene Werte für den SAPI reserviert. Auch hier sind bestimmten Werten spezifische Eigenschaften zugewiesen.

- SAPI = 0 für Zeichengabe-Prozeduren
- SAPI = 1 für Zeichengabe bei Paketkommunikation
- SAPI = 16 für Prozeduren bei Paketkommunikation
- SAPI = 32 - 47 für nationale Zwecke
- SAPI = 63 Gruppen-SAPI Managementfunktionen (TEI-Vergabe)

Das C/R-Bit (C/R = Command / Response) kennzeichnet, ob es sich bei einer Nachricht um ein Kommando oder um eine Antwort auf ein Kommando handelt. Da ein Bit zur Kodierung von vier möglichen Zuständen nicht ausreicht, verwendet man als zusätzliches Kriterium die Übertragungsrichtung des Rahmens.

Kommando/Antwort	Richtung	C/R-Bit
Kommando	TE @ NT	0

Kommando	NT ® TE	1
Antwort	TE ® NT	1
Antwort	NT ® TE	0

Tabelle: Interpretation des C/R-Bits

Control:

Der Adresse folgt das ein bis zwei Oktette lange Steuerfeld (Control Field). Es definiert drei verschiedene Rahmentypen (Informations- Steuerungs- und Unnumerierte Rahmen) mit verschiedenen Aufgabenbereichen.

- * I-Rahmen sind numerierte Informationsrahmen zur quittierten Übertragung von Protokolldatenelementen (Schicht drei Nachrichten). Das Steuerfeld eines Informationsrahmens umfasst zwei Oktette. Die Rahmen werden vom Sender von 0 - 127 zyklisch durchnummeriert. Diese Zählweise nennt sich Modulo 128, da sie 128 unterschiedliche Werte zuläßt. Die Sendelaufnummer N(S) wird in das erste Oktett des Steuerfeldes eingetragen. Die Gegenstelle quittiert den korrek-ten Empfang eines solchen Rahmens, indem sie im Rahmen, der die Nachricht bestätigen soll, im zweiten Oktett des Steuerfeldes die Empfangslaufnummer N(R) auf den Wert des als nächsten erwarteten Rahmens setzt. Die Übertragung wird von einem Timer überwacht, der eine erneute Aussendung des Rahmens veranlaßt, falls bis zu dessen Ablauf keine positive Bestätigung eingetroffen ist. Nach drei erfolglosen Wiederholungen ergeht eine entsprechende Meldung an Schicht drei, und die Schicht zwei-Verbindung wird gelöst.
- * U-Rahmen sind unnumerierte Rahmen. Sie dienen der Übertragung von Steuerinformationen zum Auf- und Abbau von Schicht zwei Verbindungen, sowie der unquitierten Informationsübertragung mittels unnumerierten Informations-rahmen. Die Größe des Steuerfeldes bei U-Rahmen beträgt ein Oktett.
- * S-Rahmen sind Steuerungsrahmen mit drei verschiedenen Kommandos für Steuerung und Überwachung des Kommunikationsvorgangs. Das erste Oktett des Kontrollfeldes eines solchen Rahmens dient der Übertragung des entsprechenden Steuerbefehls. Im zweiten Oktett wird die Empfangslaufnummer N(R) übertragen. S-Rahmen sind somit in der Lage, empfangene Informationsrahmen zu quittieren. Eine Übertragung von Schicht drei Nachrichten mittels S-Rahmen ist nicht möglich. Sie dienen exklusiv dem Austausch von Schicht zwei Informationen.

Format	Befehle	Antworten	Codierung								Oktett Nr.	
			8	7	6	5	4	3	2	1		
Numerierte Rahmen	Information		N(S)								0	4
			N(R)								P	5
Steuerung Überwachung	RR Receive Ready	RR Receive Ready	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
			N(R)								P/F	5
	RNR Receive Not Ready	RNR Receive Not Ready	0	0	0	0	0	1	0	1	4	

		N(R)								P/F	5
REJ Reject		0 0 0 0 1 0 0								1	4
		N(R)								P/F	5
Unnume- rierte Rahmen	SABME set asynchronous mode extended	0	1	1	P	1	1	1	1	1	4
		DM Disconnect Mode	0	0	0	F	1	1	1	1	4
	UI unnumbered information	0	0	0	P	0	0	1	1	4	
	DISC Disconnect	0	1	0	P	0	0	1	1	4	
		UA unnumbered ack- nowledgement	0	1	1	F	0	0	1	1	4
		FRMR framereject	1	0	0	F	0	0	1	1	4

Tabelle 6: Codierung des Steuerfeldes

Bedeutung der einzelnen Befehle des Steuerfeldes:

Receive Ready (RR)

Meldung der Empfangsbereitschaft oder Ende des Besetztzustandes, Bestätigung vorangegangener Informationsrahmen, sowie Statusabfrage des Kommunikationspartners (mit gesetztem Poll-Bit).

Receive Not Ready (RNR)

Mit dieser Meldung zeigt eine Station an, daß sie nicht bereit ist, weitere Informationsrahmen zu empfangen. Rahmen, die nach dieser Meldung eintreffen werden vom Empfänger ignoriert. Gleichzeitig werden jedoch die bisher empfangenen Rahmen bestätigt. Ebenfalls besteht die Möglichkeit zur Statusabfrage des Kommunikationspartners mit gesetztem Poll-Bit.

Reject (REJ)

Diese Meldung bestätigt die Informationsrahmen bis zur Folgenummer $N(R)-1$ und fordert gleichzeitig eine erneute Übertragung ab der Folgenummer $N(R)$ an. Angefordert werden alle Blöcke bis zu demjenigen, dessen Sendelaufnummer $N(S)$ der Empfangslaufnummer der Reject-Meldung $REJ(N(R))$ entspricht.

Set Asynchronous Mode Extended (SABME)

Das Protokolldatenelement SABME dient der Festlegung des HDLC-Übertragungsmodus zur Initialisierung einer gesicherten Schicht zwei Verbindung (Multiple Frame Established). Weiterhin werden mit dieser Meldung die Sende- und Empfangslaufzähler, sowie die Zustandsvariablen der Sende- und Empfangsfenster zurückgesetzt.

Disconnect Mode (DM)

Besteht noch keine Schicht zwei Verbindung, so beantwortet eine Station einen gültigen Schicht zwei Rahmen mit der DM-Meldung. Der Rahmen wird abgewiesen, da der "Multiple Frame Established"-Status nicht aufgebaut ist. Die Station bleibt in ihrem gegenwärtigen Zustand.

Unnumbered Information (UI)

UI-Meldungen dienen der unquittierten Informationsübertragung. Sie haben keine Folgenummern. Sie werden unter anderem eingesetzt bei der TEI-Zuweisungsprozedur.

Disconnect (DISC)

Das DISC-Kommando fordert die Partnerinstanz zum Abbau der gesicherten Schicht zwei Verbindung auf. Es ist keine Bestätigung von noch unquitierten Informationsrahmen.

Unnumbered Acknowledgement (UA)

Diese Meldung dient als Quittung für ein unnummeriertes Kommando (SABME, DISC).

Framereject (FRMR)

Mit dieser Nachricht wird ein fehlerhafter Schicht zwei Rahmen zurückgewiesen, der auch durch eine wiederholte Übertragung nicht korrigiert werden kann. Dazu können beispielsweise ein unzulässig langes Informationsfeld oder eine ungültige Folgenummer N(R) führen. Das Informationsfeld eines FRMR-Rahmens enthält das Kontrollfeld des zurückgewiesenen Rahmens, die Zählerstände, sowie in kodierter Form den Grund für die Zurückweisung.

Information:

Das Informationsfeld enthält die zu übertragenden Schicht drei Daten. Es dürfen bis zu 260 ganzzahlige Oktette gesendet werden.

FCS:

Die Frame Check Sequence oder Rahmenprüfsumme ist ein Algorithmus zur Fehlererkennung und Beseitigung. Die FCS besteht aus den letzten beiden Oktetten vor der Endflagge. Sie wird vom Sender aus dem Adreßfeld, dem Kontrollfeld und dem Informationsfeld (minimal vier, maximal 264 Oktette) nach einer festgelegten Rechenvorschrift ermittelt und mit übertragen. Der Empfänger berechnet die FCS nach dem selben Schema und vergleicht sein Ergebnis mit dem des Senders. Unterscheiden sich die Werte, so wird der Rahmen als fehlerhaft erachtet und vom Empfänger ignoriert.

4 Verwendete Geräte

4.1 Chameleon 32

Mit dem "Chameleon 32" der Firma Tekelec Airtronic, München steht dem Telekommunikationslabor ein vielseitiges Simulations- und Testgerät zu Verfügung. Es gestattet die Simulation und die Analyse einer Vielzahl von Kommunikationsprotokollen, darunter auch das nationale ITR6-Protokoll und das europäische DSS1-Protokoll.

4.1.1 Analyse

Die Analyseapplikation bietet zwei verschiedene Darstellungsformen. Real-Time (Echtzeit) und History (Vergangenheit). Im Real-Time Fenster wird der Verkehr von beiden Seiten der Leitung ohne Zwischenspeicherung fortlaufend auf dem Bildschirm ausgegeben. Das History Fenster zeigt den zuvor in einem Speicher aufgezeichneten Verkehr. Die Aufzeichnung der Daten wird durch betätigen der Run/Stop-Taste gestartet und angehalten. Die Erfassung beginnt mit ca. 1,5 Sekunden Verzögerung. Mit den Cursorstasten kann man sich in beide Richtungen

durch die Daten bewegen. Über die Tastenkombination <CTRL P> gelangt man vom History-Fenster aus in den Druckmodus. Dieser gestattet die Ausgabe von ausgewählten Teilen der History Daten auf einem angeschlossenen Drucker oder als ASCII-File auf eine 3,5"-Diskette. Um Daten aus dem History-Speicher für die Ausgabe auszuwählen, gibt es zwei Möglichkeiten.

Bei der ersten Methode gibt man nach Aktivierung des Druckmodus bei der Eingabeaufforderung <from event> die Nummer des ersten ausgewählten Ereignisses an. Nach drücken der <Return> Taste erscheint die Eingabeaufforderung <to event>. Hier trägt man die Nummer des letzten ausgewählten Ereignisses ein. Die Auswahl wird ebenfalls mit der <Return> Taste bestätigt. Die <GO> Taste startet die Ausgabe.

Bei der zweiten Methode positioniert man das erste auszuwählende Ereignis mit den <Scroll> Tasten am oberen Rand des History-Fensters und markiert es mit der <[> Taste. Die Markierung des letzten Ereignisses erfolgt durch positionieren am unteren Bildschirmrand und drücken der Taste <] >. Danach wird ebenfalls mit <CTRL P> und <GO> die Ausgabefunktion gestartet.

Für die Darstellung auf dem Bildschirm und die Interpretation der Ereignisse besteht eine Vielzahl von Möglichkeiten.

<CTRL B>	Fügt zwischen den einzelnen Ereignissen eine Trennlinie ein und verbessert somit die Übersichtlichkeit der Bildschirmausgabe.
<CTRL E>	Unterdrückt die Darstellung der Meldung "Incomplete event".
<CTRL P>	Ruft den Ausgabe- und Druckmodus auf.
<Pfeil nach links>	Das älteste Ereignis im Speicher wird dargestellt.
<Pfeil nach rechts>	Das jüngste Ereignis im Speicher wird angezeigt.
<Pfeil nach oben>	Die Daten werden nach oben gerollt.
<Pfeil nach unten>	Die Daten werden nach unten gerollt.
<Leertaste>	Stoppt das Rollen.
<0-9>	Die Ziffern 0-9 entsprechen bestimmten Prozentwerten im Speicher (0=0%; 9=90%). Durch drücken der Ziffer 5 gelangt man in die Mitte (50%) des Speichers.
<jump A>	Springt zum Ereignis Nr. A.
<Run/Stop>	Schaltet die Datenerfassung ab. Somit kann verhindert werden, daß ältere Daten im zyklischen Speicher von neu ankommendem Datenverkehr überschrieben werden.
<F1>	Verändert die Darstellung der Benutzerdaten. Wiederholtes Betätigen der <F1> Taste schaltet um zwischen folgenden Anzeigen. ASCII Jedes Oktett wird als ASCII-Zeichen dargestellt. EBCDIC Jedes Oktett wird als EBCDIC-Zeichen dargestellt

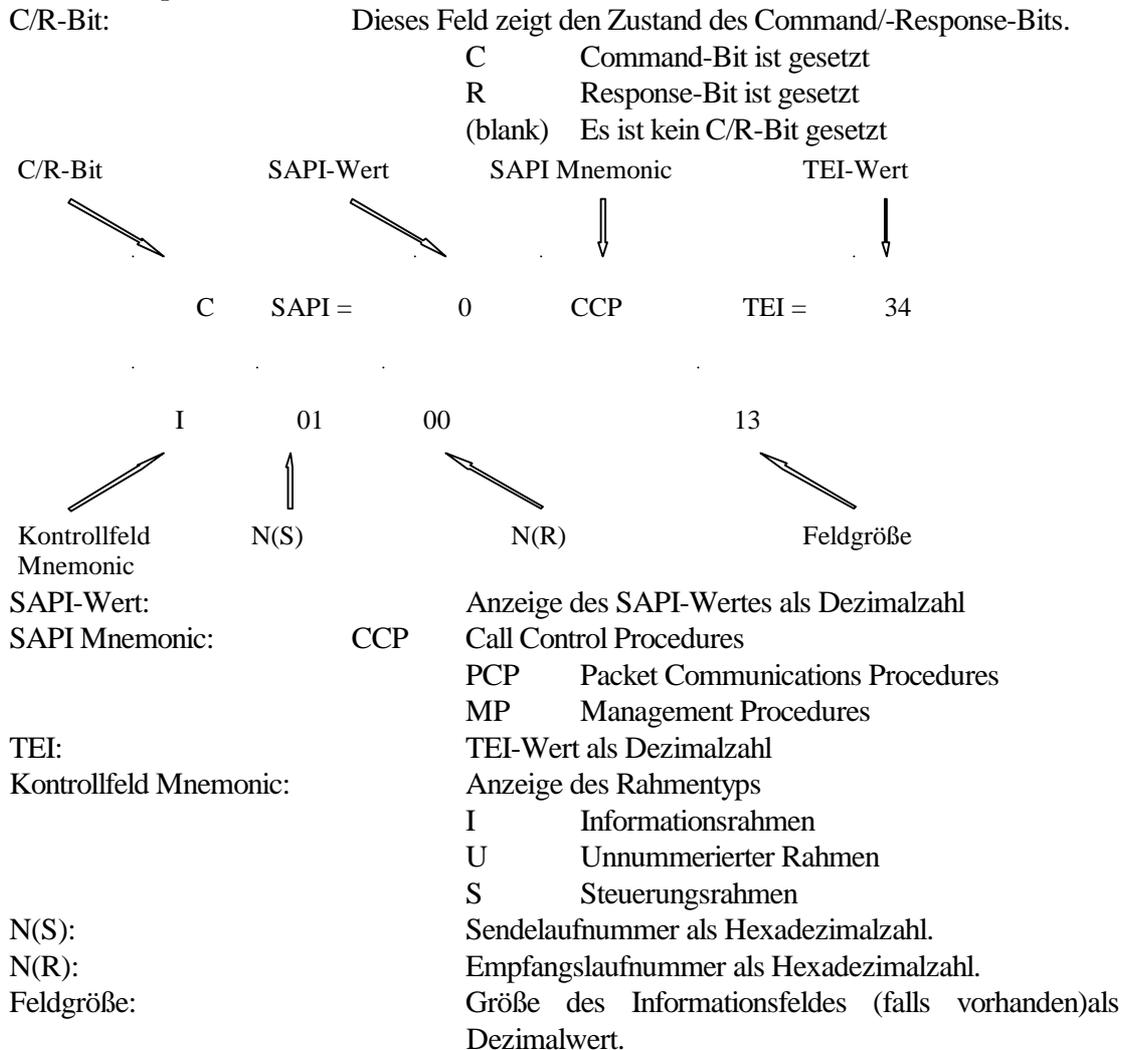
	HEX	Ausgabe der Oktette als Hexadezimalzahl.
	HEXS	Ausgabe der Oktette als Hexadezimalzahl mit einem Freiraum zwischen jedem Paar.
<F2>	Number	Nummer des Ereignisses als Dezimalzahl.
	Flags	Anzahl der dem Rahmen vorausgehenden Flags.
	Time	Zeitstempel am Ende des Ereignisses im Format (hh.mm.ss).
	dTime	Zeitraum zwischen den Ereignissen.
	CRC	Wert der Rahmenprüfsumme und <OK>, falls die Prüfsumme stimmt, oder bei falscher Prüfsumme.
	None	Keine Anzeige von Zusatzinformationen.
<F3>		Auswahl der Rahmentypen die angezeigt werden sollen.
	I	nur Informationsrahmen
	IU	Informationsrahmen und Unnummerierte Rahmen
	IUS	Informationsrahmen, Unnummerierte Rahmen und Steuerungsrahmen. (Defaulteinstellung)
	IUSL	Alle Rahmentypen
<F4>		Verändert die Anzeige der Schicht zwei-Daten (grün).
	Q921-	Keine Anzeige von Schicht zwei Daten
	Q921+	Anzeige und Interpretation der Daten
	Q921"	Nicht interpretierte Darstellung
	Q921*	Die Anzeige umfasst die uninterpretierten und die interpretierten Schicht zwei Daten.
<F5>		Verändert die Anzeige der Schicht drei Daten Q931(blau und gelb) in gleicher Weise wie <F4> die Schicht zwei Daten. Die interpretierten Daten werden blau dargestellt, die Daten in Rohform gelb.
<F10>		Schalter für die Anzeige von Benutzerdaten.
	User+	Benutzerdaten werden angezeigt.
	User-	Benutzerdaten werden ausgeblendet.
	Raw	Der gesamte Verkehr wird uninterpretiert in dem mit <F1> gewählten Code angezeigt.

Die Analyseapplikation wird nach dem Einschalten des Gerätes im Setup-Menü mit dem Cursor ausgewählt und durch drücken der Funktionstaste <F1> geladen.

4.1.2 Interpretation der HISTORY-Anzeige

Auf dem Analysebildschirm werden die vom Endgerät stammenden Daten auf der rechten Seite angezeigt, die von der Netzseite stammenden Daten auf der linken Bildschirmhälfte. Schicht zwei Daten erscheinen in grüner Schrift, Schicht drei Daten in blauer Schrift, uninterpretierte Schicht drei Daten in gelb und die Fehlermeldungen Unknown- oder Incomplete event in rot.

Abb. 6: Interpretation der Schicht zwei



4.1.3 Die Q921 Statistik

Die Statistik-Applikation <Q921Stat> wird in gleicher Weise ausgewählt und geladen wie die Analyse. Sie ermöglicht eine statistische Erfassung des Verkehrs auf dem S₀-Bus aus beiden Richtungen. Das Statistik-Fenster gibt in aufgeschlüsselter Form Auskunft über die Anzahl und Eigenschaften der gesendeten Rahmen.

4.2 Das TE 931

Das TE 931 ist ein Simulations- und Analysegerät der Firma Tekelec. Es arbeitet mit dem gleichen Programm wie das Chameleon 32. Über ein Diskettenlaufwerk auf der Geräterückseite besteht die Möglichkeit, auf dem Chameleon entwickelte oder modifizierte Protokolle zu laden. Das Gerät kann als Endgerät konfiguriert werden oder einen Netzabschluß simulieren und einen S₀-Bus zu Verfügung stellen. In diesem Laborversuch dient das TE 931 der Simulation eines Endgerätes.

4.3 Der Leitungssimulator ILS1

Mit dem Leitungssimulator ILS1 von Wandel und Goltermann besteht die Möglichkeit, ISDN-typische Leitungsanordnungen nachzubilden. Darüber hinaus können über einen eingebauten Störgenerator verschiedene Störsignale in die Leitung eingekoppelt werden. Die Einstellungen am Gerät sind menügeführt und weitgehend selbsterklärend.

5 Versuchsaufgabe

Kontrollieren Sie den Versuchsaufbau anhand der Zeichnung.(Wird noch ergänzt.)

Nehmen Sie die einzelnen Geräte wie folgt in Betrieb.

Chameleon 32

- * Einschalten
- * Laden der Applikationen <Analysis> und <Q921Stat>
- * Starten der Simulationssoftware <Layer 3 State Machine> mit dem modifizierten D-Kanal Protokoll <DTEST1VS>.

TE931

- * Einschalten
- * Nach dem Selbsttest rufen Sie mit der <*> Taste das Menu "Spezielle Tastenfunktionen" auf. Hier ist das voreingestellte Laufwerk von "C" auf "A" zu ändern. Dies ist nötig, um das modifizierte Protokollmodul <DTEST1TE.OUT> von Diskette laden zu können.
- * Vom Hauptmenu aus gelangen Sie über "Setup" in das ISDN Hauptauswahlmenu. Hier finden Sie Option "ISDN-Spezifische Einstellungen". In diesem Untermenu sind die Parameter Simulation: TE und Aktive Kanäle: 1 einzustellen.
- * Wieder im Hauptmenu ist das Untermenu "Simulation 3" auszuwählen. Unter "S3 Datei" kann nun die modifizierte Datei <DTEST1TE.OUT> geladen werden, sofern sich die entsprechende Diskette im Laufwerk A: auf der Geräterückseite befindet...
- * Die Simulation wird mit "NT TE Simulation" gestartet. (Nicht mit "TE-Schnell", da in dieser Betriebsart alle Einstellungen auf die Defaultwerte zurückgesetzt werden.)

Leitungssimulator ILS1

- * Einschalten
- * Konfiguration "Erweiterter passiver Bus" auswählen.
- * Einstellungen der für den Versuch günstigsten Leitungslänge und Störgröße werden derzeit noch ermittelt.

- * Bringen Sie auf dem Bildschirm des Chameleon 32 die Fenster <Real Time> und <L3 Status> zur Anzeige.
- * Bauen Sie durch Drücken der Taste <S> (Setup) am TE931 eine Verbindung (T10) zwischen Endgerät und Network Terminator auf.
- * Beobachten Sie die Aktionen im "Real Time" Fenster.
- * Durch die Tastenfolge <0> und <Connect> wird im modifizierten Protokoll ein Pingpong-Mechanismus ausgelöst, der das System dazu veranlaßt, ein Oktett ohne Informationsgehalt zwischen TE und NT hin und herzuschicken.
- * Schalten Sie jetzt auf die Statistik-Anzeige und interpretieren Sie die Anzeige.
- * Nach der Statistik soll die History-Anzeige betrachtet werden. Beenden Sie die laufende Aufzeichnung der Daten mit der <Run/Stop> Taste.

- * Kopieren Sie die ersten 50 Rahmen auf Diskette. Die Auswertung kann wahlweise am Chameleon oder an einem Personal Computer erfolgen (ASCII-Text).
- * Beantworten Sie folgende Fragen in Gruppenarbeit! Diskutieren Sie die Antworten!

6 Fragen und Aufgaben zum Laborversuch

6.1 Fragen

- Frage 1:** Welche Send- und Empfangslaufnummern werden bei der TEI-Vergabe verwendet?
- Frage 2:** Wie heißt die bei der TEI-Vergabe benutzte Rahmenart?
- Frage 3:** In welchem Oktett werden die Nachrichten für die TEI-Vergabe übertragen?
- Frage 4:** Welche Art von Funktionen kennzeichnet der SAPI-Wert 63?
- Frage 5:** Von wo aus wurde die TEI-Vergabeprozedur initialisiert?
- Frage 6:** Welchen Zweck hat die Zahl Ri, welchen Wert hat sie im vorliegenden Fall und wie lange wird sie verwendet?
- Frage 7:** Wodurch unterscheiden sich Kommandos und Antworten. Welche Rahmen sind Kommandos, welche Antworten?
- Frage 8:** Welche Rahmen werden nummeriert?
- Frage 9:** Was geben Send- und Empfangslaufnummer an?
- Frage 10:** Wie ist das Verhältnis zwischen Nachricht und Overhead bei der Übertragung mittels Informationsrahmen im günstigsten Fall.
- Frage 11:** Existiert ein Rahmen mit der Laufnummer 128?
- Frage 12:** Wie behandelt der Empfänger einen Rahmen mit falscher Folgenummer?
- Frage 13:** Welcher Steuerbefehl geht dem ersten Informationsrahmen voraus und wozu dient er?
- Frage 14:** Ist ISDN prinzipiell ein Leitungsvermittelndes oder ein Paketvermittelndes System? Begründung!
- Frage 15:** Wie verhindert das Protokoll, daß es auf dem S₀-Bus nicht zu Kollisionen zwischen Datenblöcken vom NT mit Datenblöcken von den Endgeräten kommt.
- Frage 16:** Welche drei Rahmentypen werden von Schicht zwei unterschieden?
- Frage 17:** Wozu wird im ISDN eine Zugriffssteuerung benötigt?

-
- Frage 18:** Warum scheiden Polling-Verfahren für die Zugriffssteuerung im ISDN aus?
- Frage 19:** Welches Verfahren regelt den Zugriff auf den D-Kanal beim ISDN?
- Frage 20:** Aus welchem Grund ist beim ISDN eine Synchronisation zwischen dem Netzabschluß und den Endgeräten erforderlich?
- Frage 21:** Aus welchen Elementen setzt sich eine Schicht zwei Adresse zusammen?
- Frage 22:** Welche drei Kommandos werden mittels S-Rahmen übertragen?
- Frage 23:** Ist die Übertragung von Steuerrahmen gesichert?
- Frage 24:** Wieviele Oktette der Schicht drei kann ein einzelner Schicht zwei Rahmen maximal enthalten?
- Frage 25:** Was ist die Voraussetzung für die Kollision von Datenblöcken?
- Frage 26:** Welche Zählweise wird für die gesicherte Nachrichtenübertragung verwendet?
- Frage 27:** Wodurch erkennt der Empfänger den Anfang eines neuen Rahmens?
- Frage 28:** Welche Teile eines Rahmens werden von der Schicht zwei an Schicht drei weitergegeben?
- Frage 29:** Kann ein Steuerungsrahmen den Empfang eines Informationsrahmens bestätigen?
- Frage 30:** Eine Station hat bereits fünf Informationsrahmen gesendet und drei empfangen. Welche Werte nehmen Sende- und Empfangslaufzähler bei Aussendung des nächsten Informationsrahmens an?