

> April 87

Signalisierzeiten am ISDN-Basisanschluß unter dem Einfluß paketierter Nutzdaten

Wolfgang Fischer, Gert Willmann
Universität Stuttgart
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Seidenstraße 36
7000 Stuttgart 1

1 Einführung

Der Basisanschluß für das diensteintegrierende Digitalnetz ISDN [4,6] wird auf einer herkömmlichen Kupferdoppelader-Leitung zwei bittransparente B-Kanäle mit einer Bitrate von je 64 kbit/s und einen paketerorientierten D-Kanal mit 16 kbit/s tragen.

An jedem Basisanschluß kann eine Anzahl von Endgeräten mit möglicherweise unterschiedlichen Dienstmerkmalen angeschlossen sein, und es können über die B-Kanäle maximal zwei unabhängige Verbindungen gleichzeitig aktiv sein.

Der Hauptzweck des D-Kanals ist der Transport von Signalisierinformationen (s-Daten) für die Benutzung der B-Kanäle. Zieht man in Betracht, daß über diesen Kanal auch Informationen für die Benutzung zusätzlicher Dienstmerkmale und in einem bislang schwer abschätzbaren Umfang auch sogenannte User-to-User-Signalisierinformationen übertragen werden (siehe [12]), so kann man trotzdem davon ausgehen, daß der D-Kanal im zeitlichen Mittel praktisch nicht ausgelastet sein wird. Daher ist es naheliegend, abweichend von der sonst im ISDN bestehenden konsequenten Trennung von Signalisier- und Nutzinformation, auf dem D-Kanal paketierte Nutzdaten (p-Daten) zu übertragen, die in der Teilnehmervermittlungsstelle in ein paketerorientiertes Subnetz vermittelt werden.

Die Signalisierzeiten am ISDN-Basisanschluß hängen sowohl von der Leistungsfähigkeit der D-Kanal-Protokollimplementierung als auch von der des Zentralkanal-Signalisiernetzes [5] ab. In diesem Beitrag soll eine Analyse des D-Kanal-Protokolls vorgestellt werden, die den Einfluß einer Grundlast an paketierte Nutzdaten über den D-Kanal, die Implementierung des Basisanschlusses auf der Vermittlungsstellenseite, sowie eine Abschätzung der Transferzeiten im Zentralkanal-Signalisiernetz berücksichtigt. Es soll gezeigt werden, wo Leistungsempässe zu erwarten sind und wodurch diese verursacht werden.

2 Struktur des ISDN

Der Austausch von Signalisierinformationen im ISDN geschieht zwischen Teilnehmer und Netz über das D-Kanal-Protokoll [6] und innerhalb des Netzes über zentrale Zeichenkanäle

im Rahmen des Signalisiersystems CCITT No.7 [5] (siehe hierzu auch z.B. [13]). Die zentralen Signalisierkanäle bilden zusammen mit den Signalisierpunkten (SP) und Signalisiertransferpunkten (STP) ein dem Nutzkanalnetz überlagertes Paketvermittlungsnetz. Die beschriebene Struktur des ISDN geht aus Abb. 1 deutlich hervor.

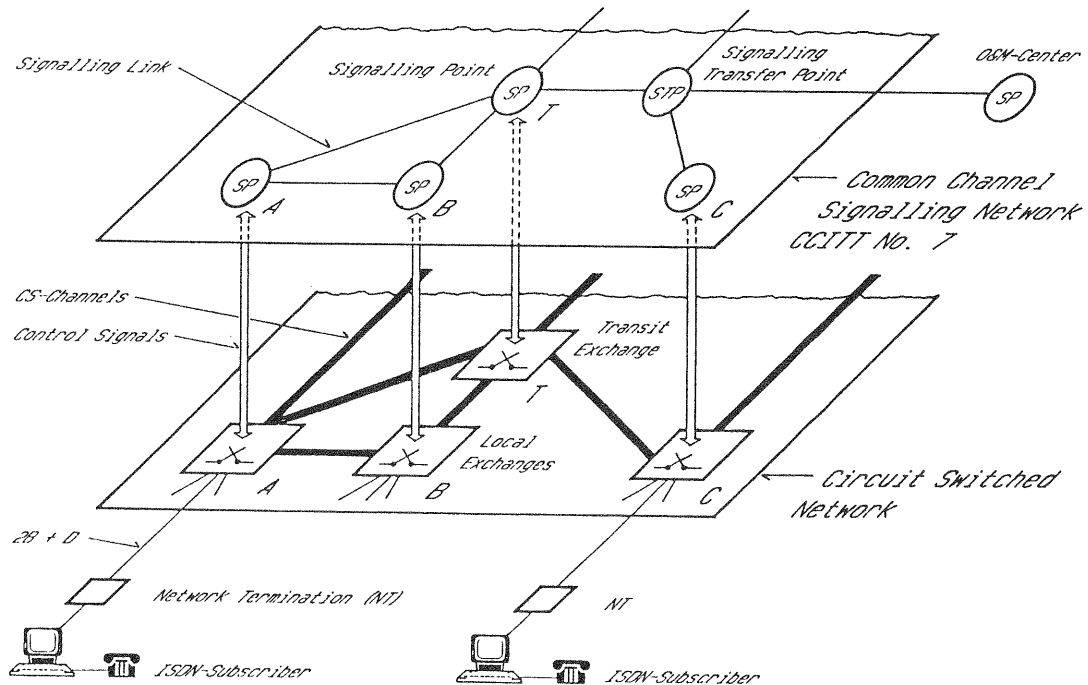


Abbildung 1: Prinzipielle Struktur des ISDN

Das Signalisieretzwerk unterstützt im ISDN sowohl Signalisierbeziehungen über einzelne Verbindungsabschnitte (Link-by-Link) als auch virtuelle Signalisierbeziehungen zwischen den beteiligten Ortsvermittlungsstellen (End-to-End). Das Zusammenspiel des Signalisieretzwerkes (steuernde Instanz) mit dem Nutzkanalnetz (gesteuerte Instanz) findet ausschließlich in den Signalisierpunkten statt. Diese Signalisierpunkte können entweder mit Ortsvermittlungsstellen (OVSt) oder mit Fernvermittlungsstellen (KVSt, HVSt oder ZVSt) assoziiert sein. Signalisiertransferpunkte besitzen selbst keine direkte Verbindung zu einer Vermittlungsstelle des Nutzkanalnetzes.

Die Protokollarchitektur des Basisanschlusses ist entsprechend dem standardisierten OSI-Referenzmodell [7] strukturiert, während die des Signalisiersystems CCITT No.7 nicht ganz mit dem OSI-Referenzmodell übereinstimmt (siehe [9]). Das Signalisiersystem besitzt insgesamt vier sogenannte Funktionsebenen. Die unteren drei Funktionsebenen bilden den Message Transfer Part (MTP), der durch den darüberliegenden Signalling Connection Control Part (SCCP) zum Network Service Part ergänzt wird, welcher dann die Dienste der OSI-Schicht 3 bereitstellt. Die vierte Ebene enthält verschiedene Funktionsblöcke, die nicht eindeutig einer bestimmten OSI-Schicht zugeordnet werden können. Sie erfüllt Funktionen der OSI-Schichten 4 bis 7.

Eine durchgeschaltete Verbindung wird üblicherweise abschnittsweise unter der Kontrolle

der ISUPs aufgebaut. Entsprechend werden auch die dazugehörigen Signalisierinformationen Link-by-Link von ISUP zu ISUP weitergereicht. Steht dann später eine virtuelle End-to-End-Signalisierverbindung zur Verfügung, welche z.B. mit Hilfe der SCCPs aufgebaut wird, so werden die ISUPs der zwischen den beiden beteiligten Ortsvermittlungsstellen gelegenen Fernvermittlungsstellen nicht mehr zum Transfer von Signalisier- und Benutzerdaten von der Ursprungs- zur Zielvermittlungsstelle und umgekehrt benötigt. Eine solche End-to-End-Signalisierverbindung kann sich wiederum aus einem einzigen oder auch aus mehreren sogenannten Verbindungsabschnitten zusammensetzen, die jeweils von SCCP zu SCCP reichen.

Abb. 2 verdeutlicht am Beispiel eines Verbindungsaufbaus zwischen den beiden ISDN-Teilnehmern aus Abb. 1 die Protokollarchitekturen des Basisanschlusses (links und rechts), des Nutzkanalnetzes (oben) und des Signalisiernetzes (unten). Hierbei wird auch die steuernde Funktion des Signalisiernetzes deutlich.

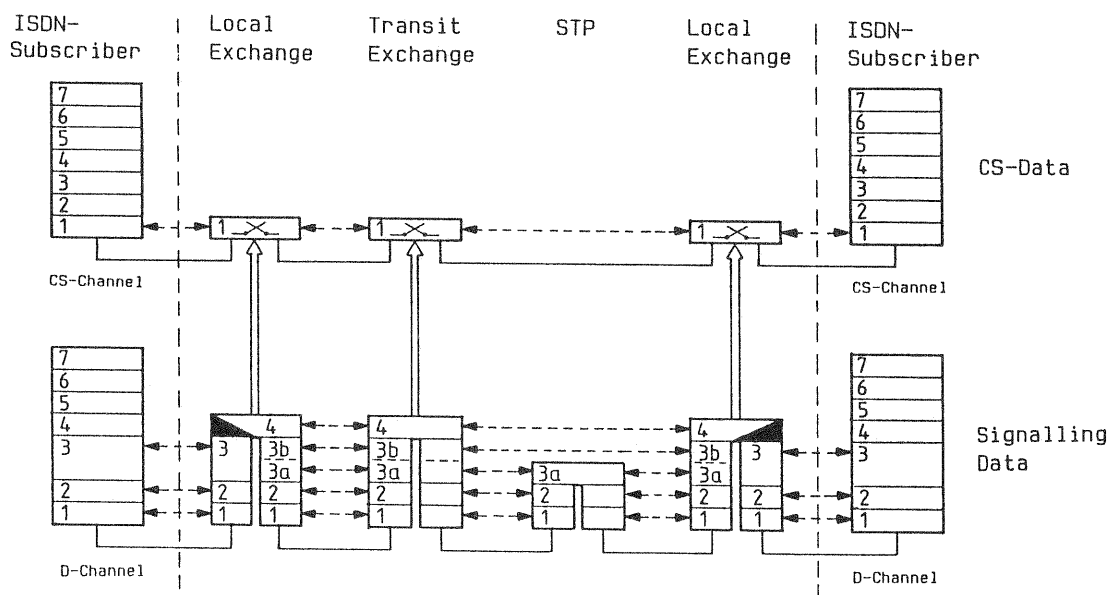


Abbildung 2: Protokollarchitekturen des ISDN am Beispiel eines Verbindungsaufbaus

Die zwischen der Schicht 3 des D-Kanal-Protokolls und dem ISUP der Ortsvermittlungsstellen befindliche Lücke soll verdeutlichen, daß es keine direkte Schnittstelle zwischen diesen beiden Protokollinstanzen gibt. Die Kommunikation wird über vermittlungsstelleninterne, nicht standardisierte Protokolle abgewickelt.

Abb. 3 zeigt im oberen Teil den prinzipiellen Aufbau einer ISDN-Verbindung im sogenannten Overlap-Modus, bei dem der IAM (Initial Address Message) noch weitere SAMs (Subsequent Address Messages) nachfolgen, und im unteren Teil den Abbau der Verbindung für den Fall, daß der gerufene Teilnehmer auslöst. Die der Abb. 3 zugrunde liegende ausführliche Beschreibung des Verbindungsaufbaus sowie Beispiele für den Austausch von End-to-End-Signalisierinformationen während einer bestehenden ISDN-Verbindung findet man in [1,14]. In [1] wird auch das Gesamtkonzept des ISDN sehr übersichtlich dargestellt.

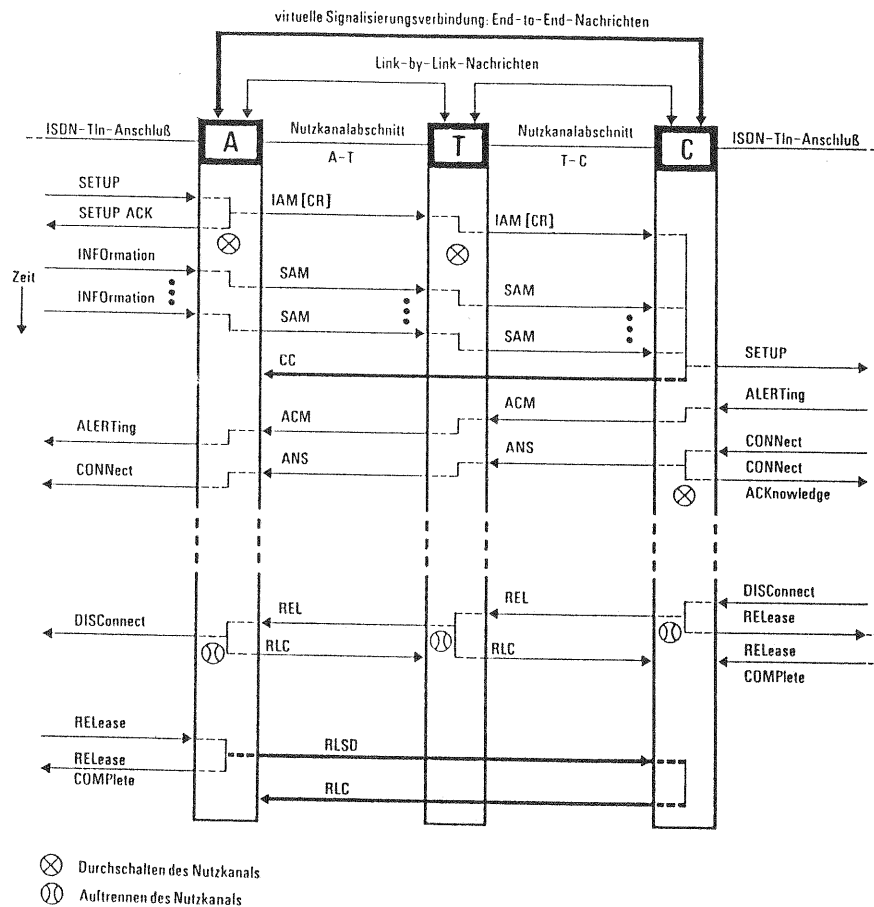


Abbildung 3: Szenario für den Auf- und Abbau einer ISDN-Verbindung

3 Modellierung

Typische Implementierungen des ISDN-Basisanschlusses verwenden aus wirtschaftlichen Gründen einen Satz von VLSI-Bausteinen, die im Endgerät die Funktionen der Schicht 1 und praktisch der kompletten Schicht 2 übernehmen, während in der Vermittlungsstelle (öffentlich oder privat) außer der Schicht 1 nur der bitorientierte Teil der Schicht 2 behandelt wird. Der übrige Teil der Schicht 2 wird wegen der geforderten Fähigkeit zum parallelen Betrieb mehrerer Verbindungen von einem Mikroprozessor behandelt, der typischerweise für 4 bis 8 Teilnehmeranschlußleitungen gemeinsam verwendet wird (siehe [10,11]).

Aus einer solchen realen Implementierung wurden ein Warteschlangenmodell entwickelt und darauf aufbauend ein detailliertes Simulationsprogramm erstellt, das es ermöglicht, für eine große Spanne von Parametern die Verteilungsfunktionen der Signalisierungszeiten zu erhalten.

In dieses Modell werden auch die Bearbeitungs- und Transferzeiten von Signalisierungsmeldungen innerhalb des Zentralkanal-Signalisierernetzes mit einbezogen. Die dadurch bedingten Antwortzeiten beim Verbindungsaufbau bzw. beim Austausch von User-to-User-

Signalisierdaten üben einen von der Art der Verbindung (Orts- oder Fernverbindung) und den beteiligten Protokollinstanzen des Signalisierernetzes abhängigen Einfluß auf die Signalisierzeiten aus.

Basierend auf den mit diesem Simulationsprogramm gewonnenen Erfahrungen wurde ein analytisches Näherungsverfahren erarbeitet, das es erlaubt, in wesentlich kürzerer Zeit, als es mittels Simulation möglich ist, Aussagen über die Mittelwerte der Signalisierzeiten zu erhalten. Durch dieses analytische Verfahren wurden umfangreiche Parameterstudien erst ermöglicht.

Abb. 4 zeigt das Warteschlangenmodell, wie es für eine konkrete Implementierung entwickelt wurde. Auf der linken Seite ist eine Anzahl von Endgeräten abgebildet, von denen jedes einen Schicht-2-Prozeß (LAP) für die Behandlung von Signalisierinformationen enthält. Das Kanalzugriffsverfahren, eine Art CSMA/CD-Protokoll, wurde als Multiplexer abgebildet (MUX1/DMUX1), da zwei Mechanismen dafür sorgen, daß bei einer Kollision genau ein Rahmen ohne Verzögerung über die S-Schnittstelle übertragen wird. Der erste Mechanismus ist das Prioritätsschema, das die höhere Priorität von Signalisierinformationen gegenüber p-Daten und die gerechte Abfertigung aller angeschlossenen Endgeräte gewährleistet. Der zweite Mechanismus garantiert im Falle einer Kollision, daß sich das Endgerät, welches das erste "0"-Bit sendet, durchsetzt und seinen Rahmen senden kann, während die anderen Endgeräte ihre Sendung verschieben.

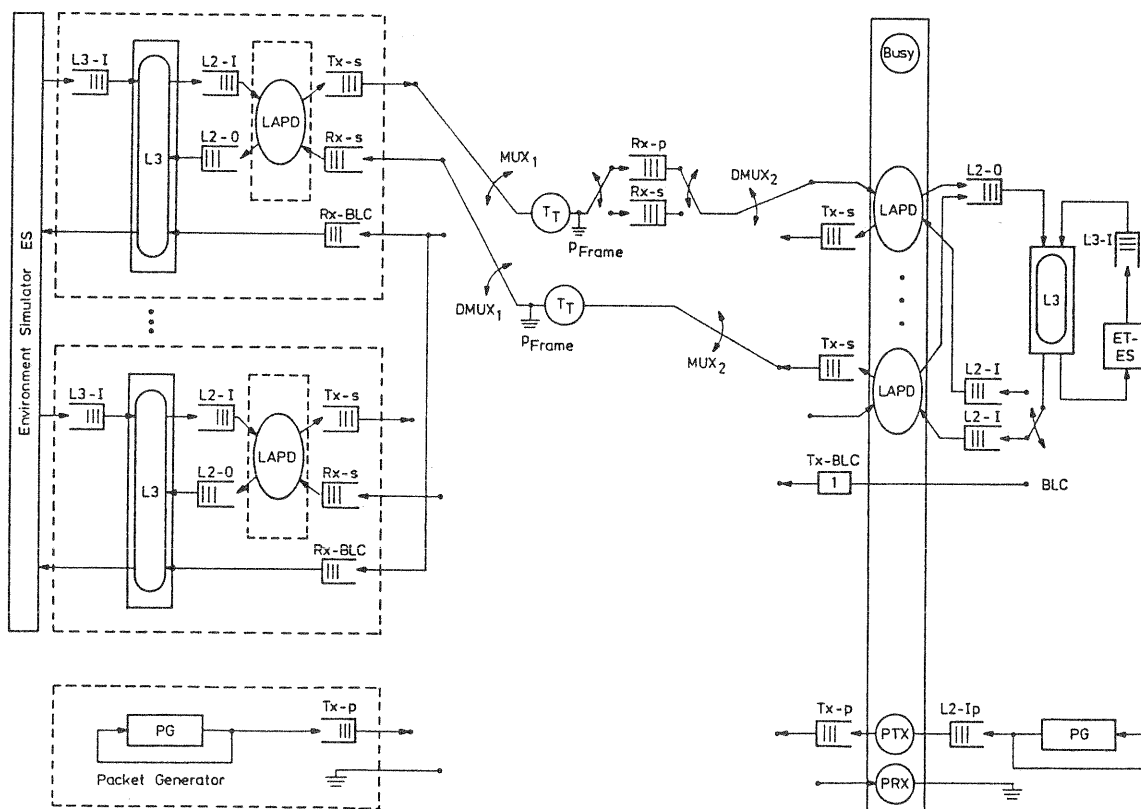


Abbildung 4: Warteschlangenmodell für den Basisanschluß

Jede LAP hat einen Eingangs- und einen Ausgangspuffer, die sie mit der S-Schnittstelle verbinden. Die LAPs werden nach einem zyklischen Polling-Verfahren abgefertigt. Der Paketgenerator, der eine Grundlast an p-Daten erzeugt, wird mit geringerer Priorität abgefertigt. Die LAPs in den Endgeräten sind mit dem Schicht-3-Prozeß (L3) durch ein Pufferpaar verbunden. Die Schicht 3 wird von einem eigenen Prozessor bedient. Die Puffer Rx-BLC (BLC = Broadcast Link Control) dienen zum Empfang von UI-Rahmen mit Gruppenadresse (z.B. UI[setup]). Die BLC-Prozesse werden hier mit in die Schicht 3 einbezogen. Das Verhalten des Benutzers jedes Endgerätes wird durch den Umweltsimulator ES nachgebildet. Dieses Verhalten kann im einfachsten Fall durch einen Wechsel zwischen Frei- und Belegzeiten dargestellt werden.

Auf der rechten Seite, in der Vermittlungsstelle, sind zwei Prozessoren dargestellt, einer für den Schicht-3-Prozeß und einer für die Schicht-2-Prozesse. Diese Schicht-2-Prozesse sind je eine LAP für jedes aktive Endgerät, die Sende- und die Empfangsphase für p-Daten (PTX und PRX), sowie eine Busy-Phase, welche die anderen Basisanschlüsse repräsentiert, die vom selben Schicht-2-Prozessor bedient werden müssen.

Die Puffer, die den Schicht-2-Prozessor mit der U-Schnittstelle verbinden, werden auf dieselbe Art abgefertigt, wie es bereits für die Endgeräte beschrieben wurde. Die Prioritäten von LAPs, BLC und PTX sind in absteigender Reihenfolge angeordnet. Für p-Daten wurde eine zusätzliche niedriger priorisierte Eingangswarteschlange eingeführt, um kürzere Durchlaufzeiten für Signalisierinformationen zu erhalten.

Der Kanal schließlich wird durch eine Phase repräsentiert, die sowohl die reine Übertragungszeit eines Rahmens T_T als auch die Wahrscheinlichkeit p_{Frame} , daß ein Rahmen aufgrund eines Übertragungsfehlers verlorengeht, nachgebildet.

4 Ergebnisse

Bei der Betrachtung eines Signalisierszenarios entsprechend Abb. 5, wie es sich auf der Schicht 2 darstellt, kann man für jeden einzelnen Rahmen ermitteln, an welcher Stelle er in einer Warteschlange gegebenenfalls warten muß, und wo Bedien- bzw. Übertragungszeiten auftreten. Die Bedienzeiten müssen entweder aufgrund von Messungen in einem realen System oder aufgrund von Abschätzungen der Programmlaufzeiten (z.B. durch Zählen von Maschinenbefehlen) ermittelt werden. Die Übertragungszeit jedes Rahmens läßt sich direkt aus der Rahmenlänge in Bit und der Übertragungsgeschwindigkeit bestimmen.

Die eigentliche Schwierigkeit besteht in der Ermittlung der Wartezeiten. Der hier angewandte Ansatz geht von der Näherung aus, daß die Ankunftsprozesse in allen Warteschlangen als Poisson-Prozesse betrachtet werden können. Daraus lassen sich dann, abhängig davon, vor welchem Typ von Bedieneinheit sich die Warteschlangen befinden und wie sie abgefertigt werden, die mittleren Wartezeiten näherungsweise berechnen.

Die unterschiedlichen Bediensysteme werden unter Benutzung der aus der Literatur bekannten Verfahren analysiert (z.B. [8,3]). Für den Kanalzugriffsmechanismus kann beispielsweise der in [2] beschriebene Algorithmus angewandt werden. Die Analyse der einzelnen Prozessormodelle (hierbei unterscheiden sich auch die meisten bekannten Implemen-

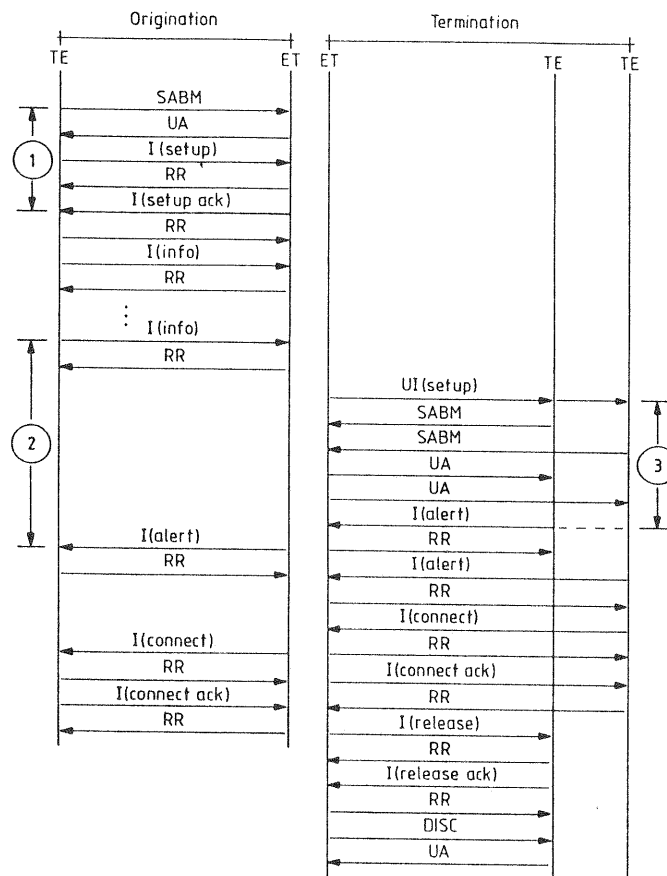


Abbildung 5: Verbindungsaufbauszenario mit Schicht-2-Rahmen

tierungen) mittels bekannter Methoden wird in der Regel erst durch Einführung gewisser Abstraktionen ermöglicht.

Sind alle Zeiten von ihren Mittelwerten her bekannt, so kann durch einfache Addition die mittlere Zeitdauer für das jeweilige Signalisierszenario bestimmt werden. Höhere Momente lassen sich allerdings analytisch kaum angeben, erst recht nicht die Verteilungsfunktionen dieser Zeitdauern. Um beispielsweise die Grenze zu bestimmen, unter der mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit die Rufverzugszeit liegt, muß weiterhin auf die Simulation zurückgegriffen werden, da nur dort beispielsweise die Ankunftsprozesse exakt nachgebildet werden können.

Es wurden exemplarische Untersuchungen der Rufverzugszeit für ankommende (in Abb. 5 mit "3" gekennzeichnet) und abgehende Rufe (in Abb. 5 mit "2" gekennzeichnet) durchgeführt, wobei für die ankommenden Rufe der Einfluß der Anzahl gleichzeitig antwortender Endgeräte mit berücksichtigt wurde.

Abb. 6 stellt die Rufverzugszeit für einen ankommenden Ruf in Abhängigkeit von der D-Kanal-Auslastung durch p-Daten dar. Es sind die Mittelwerte und die 95%-Schranken angegeben, jeweils für 1 bzw. 8 Endgeräte, die den Ruf annehmen. Ferner sind daraus auch die Unterschiede zu erkennen, die sich ergeben, wenn man eine niedriger priorisierte

Eingangswarteschlange für p-Daten vor dem Schicht-2-Prozessor verwendet.

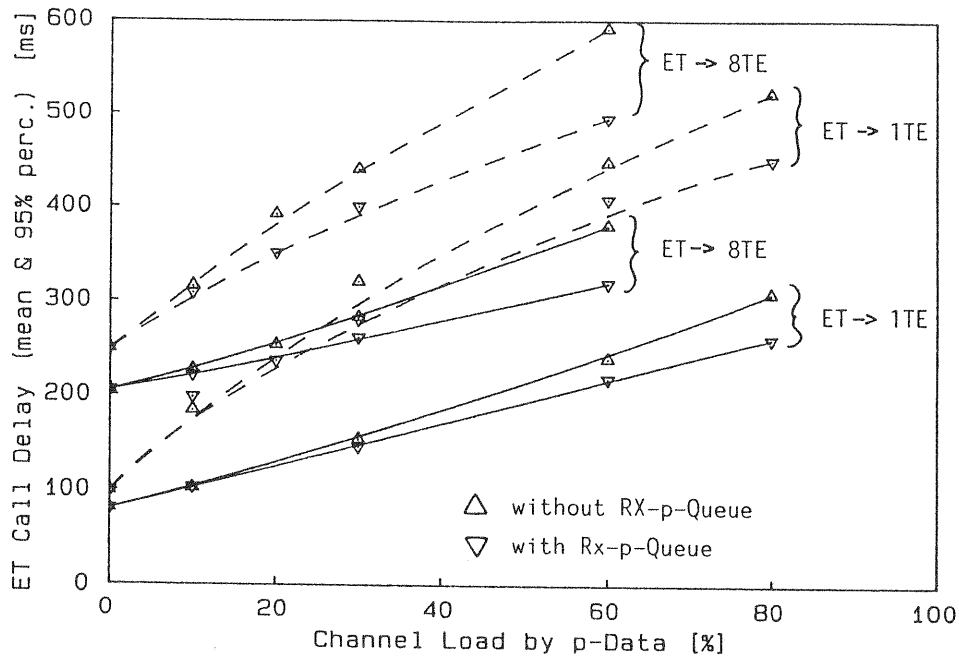


Abbildung 6: Rufverzugszeit für ankommende Rufe

Abb. 7 zeigt die Rufverzugszeit für einen abgehenden Ruf. Hier wurde aus Gründen der Effizienz des Simulationsprogramms der Wert für die Summe aus doppelter Durchlaufzeit durch das Signalisiernetz plus der Rufverzugszeit für einen ankommenden Ruf beim B-Teilnehmer zu 50 ms angenommen (sehr optimistische Schätzung für ein Ortsgespräch). Diese zusätzliche Verzögerungszeit geht jedoch praktisch nur rein additiv in die Rufverzugszeit für abgehende Rufe ein. Daher kann der tatsächliche Wert dieser Rufverzugszeit bei beliebigen Durchlaufzeiten durch das Signalisiernetz durch eine einfache Verschiebung der Ordinate in Abb. 7 eingebracht werden.

Legt man eine ähnliche Konfiguration zugrunde, wie sie beispielsweise in Abb. 1 und 2 angedeutet ist, so ergibt sich eine Verzögerungszeit, die sowohl von der Anzahl der in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung durchlaufenen SPs und STPs als auch vom Typ der jeweiligen Meldungen abhängt. Grobe Abschätzungen für die Bearbeitungszeiten von einfachen (z.B. ACM oder ANS) und bearbeitungsintensiven Meldungen (z.B. IAM) können der Spezifikation des Signalisiersystems [5] entnommen werden.

Für die Prozessorlaufzeiten wurden Werte zwischen 3 ms und 8 ms angenommen. Die Busy-Phase repräsentierte die Last von 3 weiteren Basisanschlüssen. Für die p-Daten wurde eine mittlere Paketlänge von 800 Bit mit einem Variationskoeffizienten von 1 angenommen. Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit lag für diese Untersuchung bei 10^{-5} .

Bei diesen Untersuchungen ergab sich, daß für den Fall einer hohen Auslastung des D-Kanals durch paketierte Nutzdaten in den meisten Fällen der Schicht-2-Prozessor in der Vermittlungsstelle den Leistungengpaß darstellt. Besonders für verhältnismäßig kurze

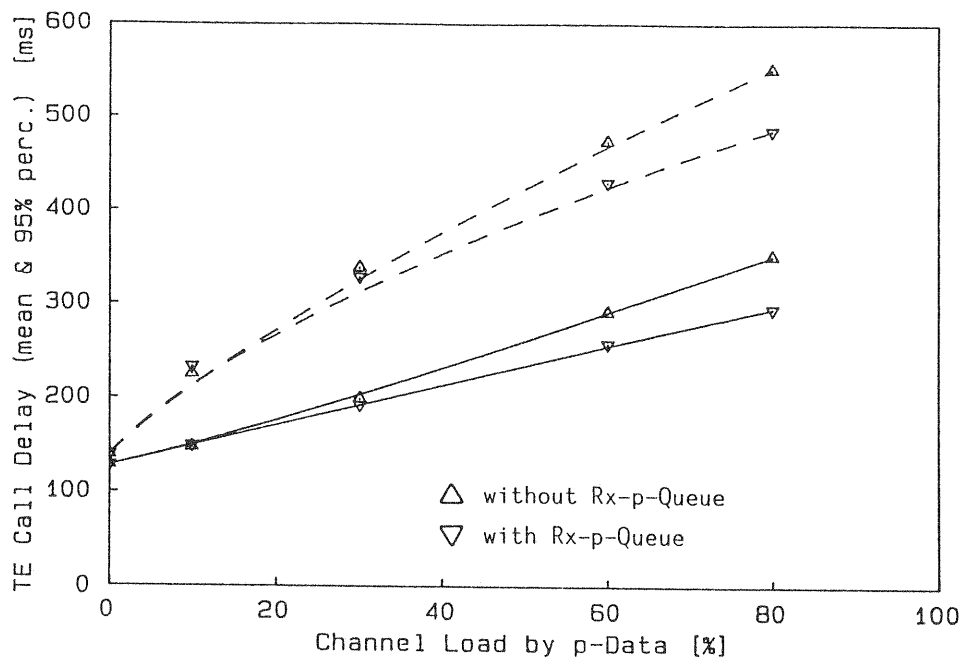


Abbildung 7: Rufverzugszeit für abgehende Rufe

Rahmenlängen der p-Daten wird das Verhältnis zwischen Kanalauslastung und Prozessorauslastung sehr ungünstig, da bei einer festen Ankunftsrate der p-Daten die Kanalauslastung mit kleinerer Rahmenlänge proportional kleiner wird, die Prozessorauslastung aber aufgrund der Tatsache, daß die Laufzeiten der beteiligten Prozesse nur wenig von der Rahmenlänge abhängen, nahezu konstant bleibt.

Falls innerhalb der Vermittlungsstelle keine priorisierte Behandlung der s-Daten erfolgt, können bei hoher Auslastung dieses Prozessors beträchtliche Wartezeiten auftreten, die zu hohen Signalisierungszeiten führen. Aus diesem Grund ist es wünschenswert, den für den Zugang zur S-Schnittstelle definierten Prioritätsmechanismus für s-Daten konsequent in allen Teilen der Teilnehmerschnittstelle durchzuhalten.

Die gewonnenen Ergebnisse liefern im Zusammenhang mit Empfehlungen für die Signalisierungszeiten Anhaltspunkte für die Dimensionierung der verwendeten Komponenten und für zulässige Verkehrswerte, beispielsweise für die Last an paketierten Nutzdaten auf dem D-Kanal. Weitere detaillierte Ergebnisse, die die hier vorgestellten Untersuchungen ergänzen, findet man in [10,11].

5 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden die prinzipiellen Abhängigkeiten der Signalisierungszeiten am ISDN-Basisanschluß aufgezeigt und anhand eines Implementierungsbeispiels konkretisiert. Es wurde darauf hingewiesen, daß ein konsequentes Durchhalten eines Prioritätsschemas zugunsten der Signalisierung deren Leistungsgrößen merklich verbessern kann.

Nachdem die Protokollmechanismen weitgehend standardisiert sind, besteht der wesentliche Freiheitsgrad für den Entwickler darin, unter Berücksichtigung der Aspekte einer wirtschaftlichen Implementierung die Realisierung der Protokollbearbeitung in den Teilnehmervermittlungsstellen und in den Knoten des Signalisierernetzes, aber auch in den Endgeräten möglichst effizient zu gestalten.

In einer für später geplanten Veröffentlichung sollen die mathematischen Analyseansätze detaillierter dargelegt werden. Dasselbe gilt für die Analyse von Zentralkanal-Signalisierernetzen.

Literatur

- [1] P. Bocker: "ISDN, das diensteintegrierende digitale Nachrichtennetz: Konzept, Verfahren, Systeme". Springer-Verlag, Berlin (1987).
- [2] O.J. Boxma, B. Meister: "Waiting-Time Approximations in Multi-Queue Systems with Cyclic Service". *Performance Evaluation* 7, 1 (February 1987), pp. 59-70.
- [3] W. Bux, H.L. Truong: "Mean Delay Approximation for Cyclic-Service Queuing Systems". *Performance Evaluation* 3, 3 (August 1983), pp. 187-196.
- [4] CCITT: "Integrated Services Digital Network (ISDN)". Red Book, Volume III, Fascicle III.5, Recommendations of the Series I, International Telecommunication Union, Geneva (1985).
- [5] CCITT: "Specifications of Signalling System No.7". Red Book, Volume VI, Fascicles VI.7 and VI.8, Recommendations Q.701-Q.795, International Telecommunication Union, Geneva (1985).
- [6] CCITT: "Digital Access Signalling System". Red Book, Volume VI, Fascicle VI.9, Recommendations Q.920-Q.931, International Telecommunication Union, Geneva (1985).
- [7] CCITT: "Data Communication Networks: Open Systems Interconnection (OSI), System Description Techniques". Red Book, Volume VIII, Fascicle VIII.5, Recommendations X.200-X.250, International Telecommunication Union, Geneva (1985).
- [8] A. Cobham: "Priority Assignment in Waiting Line Problems". *Journal of the Operations Research Society of America* 2, 1 (February 1954), pp. 70-76.
- [9] N.Q. Duc, E.K. Chew: "ISDN Protocol Architecture". *IEEE Communications Magazine* 23, 3 (March 1985), pp. 15-22.
- [10] W. Fischer, E.-H. Göldner, W. Berner: "Performance of the ISDN D-Channel Protocol - A Simulation Study". *Proceedings of the 8th ICCG, Munich (1986), Session C6, Paper 2, pp. 612-618.*
- [11] W. Fischer, E.-H. Göldner: "Performance of the ISDN User-Network Interface for Signalling and Packetized User-Data Transfer". *Proceedings of the 12th ISS, Phoenix (1987), Volume 2, Session A4, Paper 5, pp. 286-290.*
- [12] J. Seraj: "The Impact of Service Mixtures on the ISDN D-Channel Performance". *Proceedings of the 5th ITC-Seminar on Traffic Engineering for ISDN Design and Planning, Como, Italy, 1987.*
- [13] Fa. Siemens AG: "Diensteintegrierendes Digitalnetz ISDN". Siemens telcom report 8, Sonderheft (1985).
- [14] G. Willmann, P.J. Kühn: "Grundlagenforschung zur Signalisierung in diensteintegrierenden Digitalnetzen (ISDN)". *Arbeitsbericht zu einem von der DFG geförderten Forschungsvorhaben am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung, Universität Stuttgart (April 1987).*