

Heterogene Verkehrsströme im ISDN — Bandbreitenzuteilungsstrategien und Leistungsuntersuchungen

Wolfgang Fischer, Manfred N. Huber
Universität Stuttgart

Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Seidenstraße 36
7000 Stuttgart 1

1 Einführung

Im ISDN gibt es neben den Diensten, die Kanäle mit 64 kbit/s (B -Kanal) benötigen, weitere Dienste, die Bandbreiten mit 384 kbit/s (H_0 -Kanal) oder 1920 kbit/s (H_{12} -Kanal) erfordern. Um all diese Dienste in einem Netz vermitteln zu können, werden 6 bzw. 30 der 64 kbit/s-Kanäle einer Zeitmultiplexleitung zu einem Gesamtkanal zusammengefaßt (*Mehrkanaldurchschaltung*).

Mit dem gleichen Prinzip können in einem durchschaltevermittelnden Breitband-ISDN die verschiedenen Dienste mit 35 Mbit/s (H_{22} -Kanal), 70 Mbit/s (H_{32} -Kanal) und 140 Mbit/s (H_4 -Kanal) in einem Netz vermittelt werden.

Nachfolgend werden Möglichkeiten zur Anordnung der einzelnen Kanäle einer breitbandigen Verbindung innerhalb eines Pulsrahmens der Zeitmultiplexleitung beschrieben, sowie Strategien zur Aufteilung der Gesamtbandbreite des Pulsrahmens auf die Verkehre mit den unterschiedlichen Bandbreiten erläutert. Da diese Strategien zur zukünftigen Systemdimensionierung mitverwendet werden können, wurden hierzu Leistungsuntersuchungen durchgeführt.

Am Schluß wird noch kurz auf die Untersuchung von Koppelnetzen mit heterogenen Verkehrsströmen eingegangen. (Simulation und Analyse).

2 Bandbreitenmanagement

Für die Integration von Verkehren mit unterschiedlichen Bandbreiten gibt es verschiedene Möglichkeiten:

1. In einem Pulsrahmen werden nur Verkehre einer Bandbreitenklasse angeordnet.
2. In einem Pulsrahmen können Verkehre aller Bandbreitenklassen angeordnet werden.

Das ISDN in der Einführung
Berlin, 22-24.2.88

Die nachfolgenden Strategien beziehen sich auf einen Pulsrahmen, in dem Verkehre mit verschiedenen Bandbreitenklassen vermittelt werden. Auf Möglichkeiten zur Verkehrsaufteilung in einem Bündel von Multiplexleitungen wird hier nicht eingegangen. Dazu sei angemerkt, daß man prinzipiell die oben aufgeführten Möglichkeiten und Kombinationen daraus verwenden kann.

2.1 Kanalanzordnung

Zur Anordnung der einzelnen Kanäle einer breitbandigen Verbindung gibt es mehrere Möglichkeiten:

arbitrary. Die Kanäle der breitbandigen Verbindung können beliebig innerhalb des Pulsrahmens angeordnet werden.

adjacent random. Die einzelnen Kanäle einer breitbandigen Verbindung müssen zusammenhängend sein, wobei der erste Kanal eines solchen Blockes an einem beliebigen Punkt im Pulsrahmen liegen kann.

adjacent regular. Der Unterschied zu *adjacent random* liegt darin, daß der erste Kanal einer Mehrkanalverbindung nur an bestimmten Stellen im Pulsrahmen liegen kann.

equally spaced. Die einzelnen Kanäle einer breitbandigen Verbindung sind äquidistant im Pulsrahmen angeordnet.

two-sided. Falls nur 2 Bandbreitenklassen vorhanden sind, gibt es eine zusätzliche Möglichkeit: Der Pulsrahmen wird in zwei Teile aufgespalten; im einen Teil werden die Kanäle der niedrigen Bandbreitenklasse angeordnet, im anderen Teil die Kanäle der hohen Bandbreitenklasse zusammenhängend angeordnet. Die Grenze zwischen den beiden Bandbreitenklassen wird dabei dynamisch an die ankommenden Rufe angepaßt.

Die Suche nach freien Kanälen im Pulsrahmen für eine neue Verbindung kann unterschiedlich implementiert werden, wobei dies dann auch Auswirkungen auf die Verkehrsleistung hat.

1. Die Suche beginnt immer an einem bestimmten Punkt im Pulsrahmen (geeignet für alle Kanalanzordnungsmöglichkeiten).
2. Die Suche beginnt an einem beliebigen Punkt im Pulsrahmen (geeignet für alle Kanalanzordnungsmöglichkeiten, außer *two-sided*).
3. Ein neu eintreffender Ruf wird so in eine freie Lücke innerhalb des Pulsrahmens plaziert, daß noch möglichst viele Rufe mit hohen Bandbreiten akzeptiert werden können (geeignet für die Möglichkeiten *adjacent random* und *adjacent regular*).

2.2 Bandbreitenzuteilung

Für die oben genannten Kanalanzordnungsstrategien wurden bereits mehrere verkehrstheoretische Untersuchungen durchgeführt [1], [2] und [3]. Dabei hat sich gezeigt, daß die

breitbandigen Verkehre die höheren Verluste erleiden. Um die Verlustwahrscheinlichkeiten der einzelnen Bandbreitenklassen vorgegebenen Werten besser anpassen zu können, wurden verschiedene Bandbreitenzuteilungsstrategien für die Kanalanordnungsmöglichkeit *arbitrary* untersucht:

complete sharing. Für die Verkehre mit den verschiedenen Bandbreiten werden keine Einschränkungen gemacht.

class limitation method. Pro Bandbreitenklasse i sind maximal $XMAX[i]$ Kanalbelegungen innerhalb des Pulsrahmens möglich.

sum limitation method. Ein ankommender Ruf, der i Kanäle benötigt, wird abgelehnt, falls die Anzahl aller belegten Kanäle *größer oder gleich* der Grenze $S[i]$ ist.

modified sum limitation method. Ein ankommender Ruf, der i Kanäle benötigt, wird abgelehnt, falls die Anzahl aller belegten Kanäle *gleich* der Grenze $SM[i]$ ist.

reservation method. Ein Ruf einer niedrigen Bandbreitenklasse wird dann abgelehnt, falls die Restbandbreite ein $1...R[i]$ -faches der Bandbreitenklasse i ist. $R[i]$ ist für jede Bandbreitenklasse einstellbar.

2.3 Leistungsuntersuchung und Ergebnisse

Für die verschiedenen Kanalanordnungsstrategien gibt es teilweise analytische oder approximative Berechnungsverfahren der Verlustwahrscheinlichkeiten ([1], [2]). Ein einfacher Lösungsalgorithmus für das Bandbreitenzuteilungsverfahren *complete sharing* ist in [3] enthalten. Die Analyse der in Kapitel 2.2 aufgeführten Strategien erfolgt mit Hilfe der Theorie stochastischer Prozesse. Dabei wird ein Pulsrahmen, in dem n verschiedene Bandbreitenklassen angeordnet werden, als n -dimensionaler Zustandsraum mit allen möglichen Zustandsübergängen modelliert. Durch Aufstellen und Lösen der Zustandsgleichungen kann man die Verlustwahrscheinlichkeiten für die n verschiedenen Verkehre bestimmen.

Bilder 1 und 2 zeigen die Verlustwahrscheinlichkeiten für 1- und 6-Kanalrufe auf einer Zeitmultiplexleitung mit 30 Kanälen in Abhängigkeit des Verhältnisses der Verkehrsangebote A_6 / A_{ges} . Das Gesamtbandbreitenangebot A_{ges} wurde konstant bei 15 Erl gehalten.

Untersucht wurden die folgenden Bandbreitenzuteilungsstrategien:

- a *complete sharing*.
- b *class limitation method* mit $XMAX[1] = 24$ und $XMAX[6] = 30$.
- c *sum limitation method* mit $S[1] = 24$ und $S[6] = 30$.
- d *sum limitation method* mit $S[1] = 25$ und $S[6] = 30$.
- e *modified sum limitation method* mit $SM[1] = 24$ und $SM[6] = 30$.

Durch diese Strategien lassen sich die Verlustwahrscheinlichkeiten in weiten Bereichen variieren. Mit Hilfe der *sum limitation method* kann man die Verlustwahrscheinlichkeiten für beide Verkehrsströme gleich groß machen.

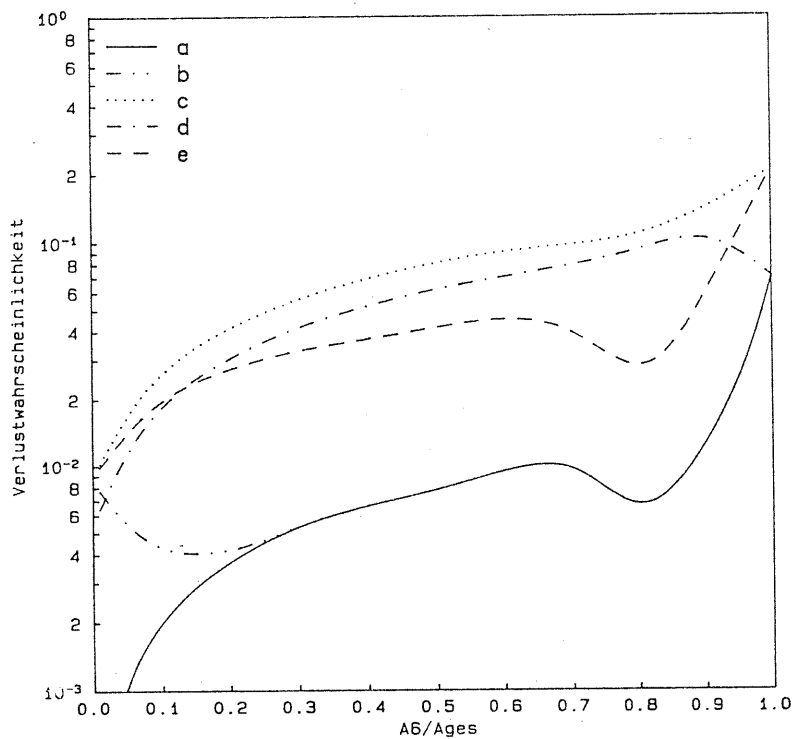


Abbildung 1: Verlustwahrscheinlichkeit der 1-Kanalrufe

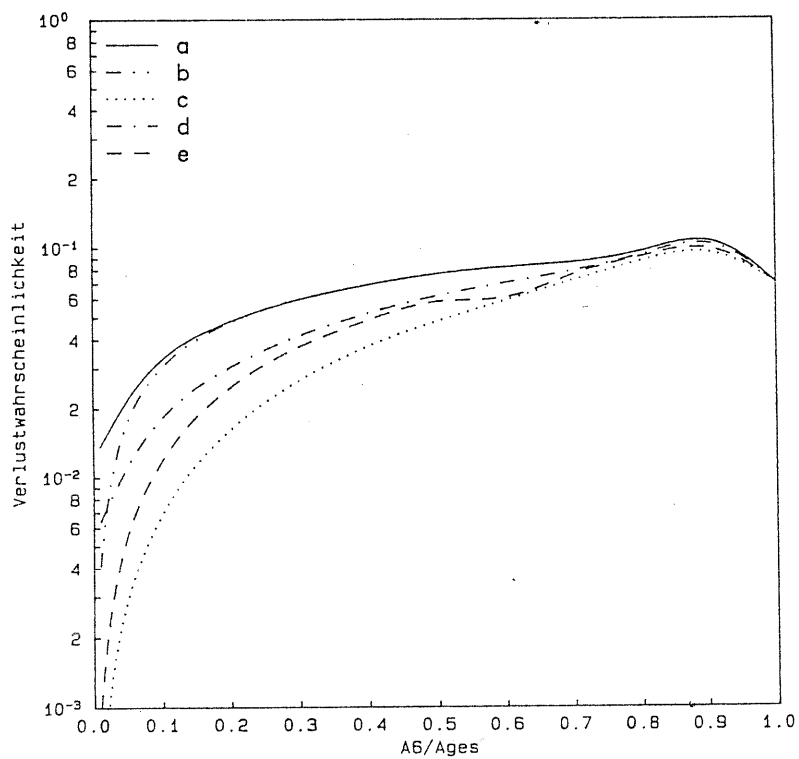


Abbildung 2: Verlustwahrscheinlichkeit der 6-Kanalrufe

3 Leistungsuntersuchungen von Koppelnetzen

Neben dem Bandbreitenmanagement wirken sich auch die Koppelnetze auf die Verkehrsgüte bei heterogenen Verkehrsströmen aus. Zur Leistungsuntersuchung von Koppelnetzen werden sowohl simulative als auch analytische Methoden verwendet.

Bild 3 zeigt die prinzipielle Struktur des Simulationsprogramms. Es besteht aus folgenden 3 Programmodulen:

Ruferzeugung und Statistik: In diesem Modul werden Rufe nach vorgegebener Verteilungsfunktion erzeugt, sowie die Bedienzeiten nach vorgegebener Verteilungsfunktion ausgewählt. Außerdem sind alle notwendigen Statistikfunktionen enthalten.

Bandbreitenmanagement: Dieses Modul ordnet den Rufen die zugehörige Bandbreite zu und führt die in Kapitel 2 aufgeführten Bandbreitenmanagementfunktionen aus.

Koppelnetz: Dieses Modul muß für jeden zu untersuchenden Koppelnetztyp neu erstellt werden. Es enthält die Koppelnetzstruktur, Wegesuchalgorithmus und die am Koppelnetz durchgeführten Messungen.

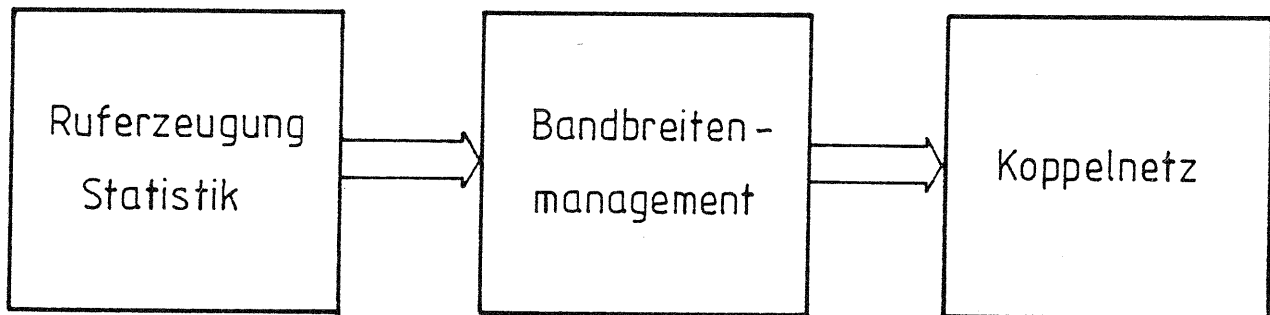


Abbildung 3: Struktur des Mehrkanalsimulationsprogramms

Für einige Koppelanordnungen existieren bereits analytische Verfahren, die auf der in [4] beschriebenen Lastflußanalyse basieren. Der Algorithmus zur Analyse solcher Koppelnetze ist Inhalt einer späteren Veröffentlichung.

In Bild 4 ist das Ergebnis der Analyse und ein Vergleich mit den Simulationsergebnissen für ein dreistufiges Koppelnetz (Zeit - Raum - Zeit) aufgezeigt. Es zeigt die Verlustwahrscheinlichkeiten für 1- und 6-Kanalarufe, die durch Koppelnetzblockierungen hervorgerufen werden, in Abhängigkeit des Verhältnisses der Verkehrsangebote A_6 / A_{ges} . Mit diesem Koppelnetz werden 10 Eingangs-Multiplexleitungen mit jeweils 30 Kanälen auf 10 Ausgangs-Multiplexleitungen mit ebenfalls 30 Kanälen vermittelt. Koppelnetzintern werden Pulsrahmen mit 30 Kanälen verwendet. Das Gesamtangebot pro Multiplexleitung A_{ges} beträgt 7,5 Erl.

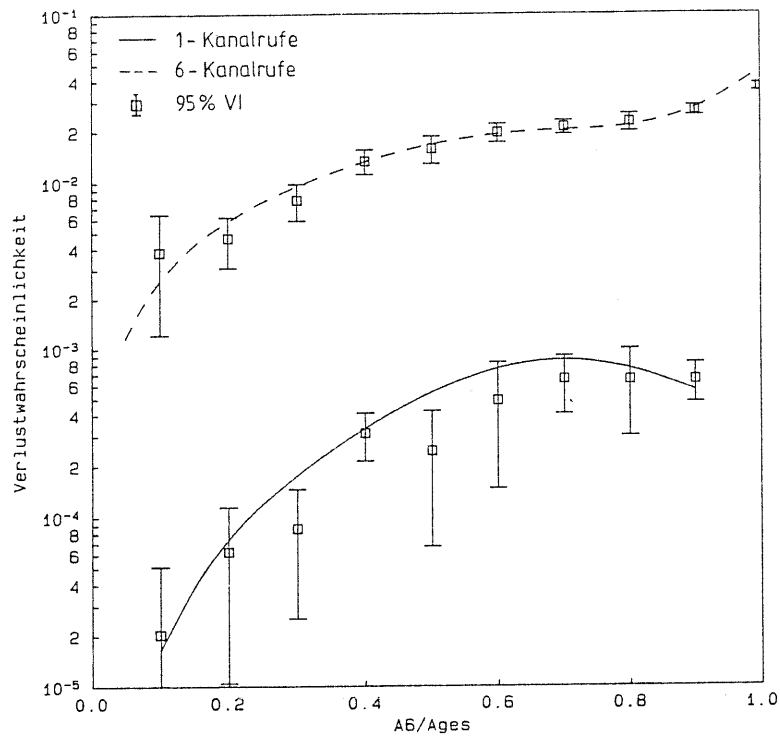


Abbildung 4: Koppelnetzverluste

Ein besonderer Dank gilt K. Rollbühler und A. Weber für die Implementierung der analytischen Algorithmen.

Literatur

- [1] O. Enomoto, H. Miyamoto: "An Analysis of Mixtures of Multiple Band-Width Traffic on Time Division Switching Networks". ITC 7, Stockholm, 1973, pp. 635/1 - 635/8.
- [2] L. Katzschner, R. Scheller: "Probability of Loss of Data Traffic with Different Bit Rates Hunting One Common PCM Channel". ITC 8, Melbourne, 1976.
- [3] A. Buchheister, J. Conradt: "Considerations on Loss Probability of Multi-Slot Connections". ITC 11, Kyoto, Sept. 1985, paper 4.4 B-2.
- [4] W. Fischer, M.N. Huber, K.J. Schrodi: "Performance Analysis of a Modular Videophone Switching Network". ISS 87, Phoenix, 15-20.03.87, paper A10.1.