

Digitale KommunikationssystemeKlausur am 25.1. 1997, 8.00 Uhr - 10.00 Uhr  
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ 10 Aufgabenblätter  
(inkl. Anhang)

Für die Klausur sind außer einem Taschenrechner keine Unterlagen oder Hilfsmittel zugelassen. Bitte jedes Blatt mit Namen und Nummer der bearbeiteten Aufgabe kennzeichnen.

**Blätter ohne Namensangabe können nicht gewertet werden !****Vorbemerkung zu allen Aufgaben:**

Soweit in Aufgaben auf konkrete Kommunikationssysteme (wie z.B. ISDN, GSM, DQDB oder Ethernet) eingegangen wird, ist es nicht erforderlich exakt die spezifisch für diese Systeme definierten Begriffe zu verwenden. Andere von Ihnen gewählte Begriffe, die die entsprechenden Vorgänge, Mechanismen, Funktionen etc. eindeutig beschreiben, sind ebenso zulässig.

1. Der Informationsgehalt eines einzelnen Symbols einer gedächtnislosen Quelle ist definiert zu

$$I(x_i) = \lg \frac{1}{p(x_i)}$$

Wie berechnet sich die Entropie (mittlerer Informationsgehalt) einer gedächtnislosen Quelle ?

2. Eine gedächtnislose Nachrichtenquelle erzeuge die nachfolgenden Symbole mit den angegebenen Symbolwahrscheinlichkeiten:

Symbol	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$
Symbol- wahrscheinlichkeit	0,01	0,4	0,01	0,05	0,04	0,25	0,12	0,04	0,08
Codewörter (Huffman-Code)									

Bestimmen Sie einen Huffman-Code für diese Quelle.

3. In der Tabelle unten sind zwei verschiedenen Vermittlungsverfahren genannt. Bitte tragen Sie für jedes der genannten Kriterien die wesentlichen Bewertungen ein, so daß die prinzipiellen Unterschiede der beiden Vermittlungsverfahren deutlich werden.

	Leitungsvermittlung	Paketvermittlung (klassische Paketvermittlung, d.h. variable Paketlänge, abschnittsweise Fehlersicherung)
Signallaufzeit		
Übertragungsfehler (bezogen auf Netz / Teilnehmerschnittstellen)		
Mögliche Übertragungsbitraten		
Notwendige Verarbeitungsleistung der Vermittlungsstellen		
Tarifierung (prinzipielle Möglichkeiten)		

4. Welches spezifische Problem tritt in ATM-Vermittlungsstellen wegen der Zulassung von Verbindungen mit variablen Bitraten auf ?  
Welche Ansätze zur Beherrschung dieses Problems sind Ihnen bekannt ?
5. Was ist ein Cross-Connect (Digital-Kanalverteiler) ?
- Welche Funktion haben Cross-Connects in Telekommunikationssystemen ?
  - Warum kommt Cross-Connects in modernen Telekommunikationssystemen und einem durch Wettbewerb geprägten Umfeld eine zunehmende Bedeutung zu ?

6. Die erstmals von Shannon hergeleitete Formel zur Berechnung der Kanalkapazität (maximal übertragbare Bitrate) analoger Kanäle lautet:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

mit

C Kanalkapazität (bit / s)

B Bandbreite (Hz)

S/N Leistung des Nutzsignals S (Signal) im Verhältnis zur Leistung des Rauschens N (Noise)

- a.) In welchem Wertebereich des Signal / Rauschverhältnisses S/N arbeiten Spread Spectrum / CDMA Systeme typisch ?
- b.) Erläutern Sie ein Beispiel für ein Verfahren, mit dem die für Spread Spectrum / CDMA notwendige Bandspreizung erreicht wird.
7. Welches ist die Funktion von Leitweglenkungstabellen in Vermittlungsstellen ? Welche Bedeutung haben die Einträge in diesen Tabellen ?
8. Aus welchen Anteilen setzen sich die Laufzeiten der Zellen in ATM Netzen zusammen ? Welche Anteile sind dabei konstant, welche variierend ?  
Bitte geben Sie die jeweiligen Netzelemente bzw. Komponenten von Netzelementen an, in denen die Verzögerungen auftreten.
9. Was versteht man unter FEC und ARQ ?  
Welches sind die Vor- und Nachteile dieser Alternativen ?  
In welcher Art von Kommunikationssystemen ist ARQ nicht einsetzbar und warum ?
10. Ein Kanal-Coder erzeuge die nachfolgend gegebenen Codewörter:

Erzeugte Codewörter	Zugehöriger Binärcode
$a_n$	
$a_0$	0000000
$a_1$	0101010
$a_2$	1010010
$a_3$	1111111
$a_4$	1010101

- a.) Wie groß ist die Code-Distanz ?
- b.) Wieviele Bitfehler können empfängerseitig in jedem Fall erkannt werden ?
- c.) Wieviele Bitfehler können empfängerseitig in jedem Fall korrigiert werden ?  
Bitte geben Sie jeweils eine kurze Begründung für Ihre Antworten zu a.) bis c.) .

11. Unten ist eine zu übertragende Nachricht  $M(x)$  der Länge 8 bit gegeben. Um eine Fehlererkennung auf der Empfängerseite zu ermöglichen, soll eine Rahmenprüfsumme (FCS = Frame Check Sequence) mit dem CRC (Cyclic Redundancy Check) Verfahren bestimmt werden. Das dafür zu verwendende Generatorpolynom  $G(x)$  der Länge 4 Bit ist ebenfalls gegeben.

Bestimmen Sie die zu übertragende Gesamtbitfolge  $T(x)$ , d.h. die aus Nachricht und FCS bestehende Bitfolge.

<b>M(x):</b>	1	0	1	0	1	0	1	0
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---

G(x):	1	0	1	1
-------	---	---	---	---

A full page of graph paper with a uniform grid of small squares. The grid covers most of the page, leaving margins at the top, bottom, and sides. In the bottom-left corner, there is a label "T(x):".

T(x):

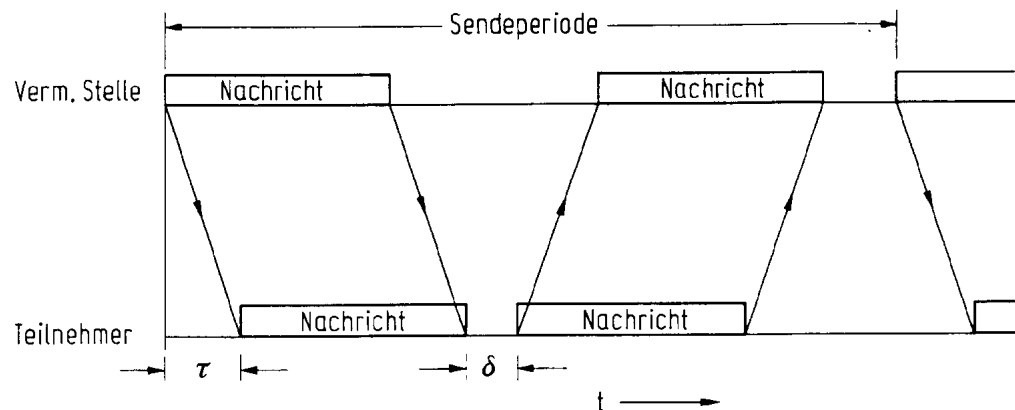
Hinweis: Die Berechnung erfolgt mit modulo-2 Rechnung.

Bitte tragen Sie die Berechnungsschritte in das oben gegebene Raster ein, um die Korrektur zu erleichtern.

12. Bitte vergleichen Sie die Systeme DQDB und ATM:
- a.) Welches sind die wesentlichen gemeinsamen Eigenschaften dieser Systeme ?
  - b.) Welches sind die prinzipiellen / konzeptionellen Unterschiede dieser beiden Systeme ?



14. Unten ist ein Prinzip-Diagramm zur Duplex-Übertragung über ein Zweidraht-Medium mittels "Time-Division-Duplex" (TDD) gegeben.



Berechnen Sie die maximal mögliche Leitungslänge, wenn

- eine mittlere Übertragungsrate von 80 kbit/s pro Richtung erzielt werden soll,
- das Zweidrahtmedium eine Übertragungsrate von 200 kbit/s hat,
- die übertragenen Nachrichtenblöcke einen Umfang von 200 bit haben,
- das Schutzintervall mindestens  $= 100 \mu\text{s}$  betragen soll und
- als Ausbreitungsgeschwindigkeit auf der Leitung vereinfachend  $c = 300.000 \text{ km/s}$  angenommen wird.

15. "Collision Detection" in einem aloha-basierten LAN (unslotted Aloha; IEEE 802.3, Ethernet):
- Erläutern Sie den entsprechenden Mechanismus beim CSMA / CD gegenüber CSMA.
  - Skizzieren Sie den prinzipiellen Ablauf bei der Wettbewerbsphase (Contention Interval) bei CSMA / CD im Vergleich zu CSMA.
  - Welche Vor- und Nachteile hat CSMA / CD gegenüber CSMA ?
16. Welches Ihnen bekannte LAN / MAN-System bietet zusätzlich zu der LAN-typischen nicht-isochronen Übertragung auch die Möglichkeit für isochrone Verbindungen ?
- Welche konzeptionelle Eigenschaft dieses Systems macht die Bedienung isochroner Verbindungen möglich ?
  - Durch welchen Mechanismus werden die isochronen Verbindungen realisiert ?
17. Erläutern Sie die prinzipiellen Vermittlungsvorgänge beim Verbindungsaufbau von einem Telefonteilnehmer im Festnetz (ISDN) zu einem Teilnehmer in einem Funktelefonnetz (GSM).

18. Welche der nachfolgenden Aussagen zum OSI-Schichtenmodell für Kommunikationsprotokolle sind zutreffend ? (Bitte ankreuzen)

	Ja	Nein
Das OSI-Schichtenmodell definiert 9 Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das OSI-Schichtenmodell definiert 7 Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das OSI-Schichtenmodell spezifiziert ein konkretes Kommunikationsprotokoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das OSI-Schichtenmodell ist ein Referenz-Modell für die Entwicklung von schichtenorientierten Kommunikationsprotokollen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die OSI-Schichten 1 bis 3 sind transportorientiert, die darüberliegenden sind anwendungsorientiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die OSI-Schichten 1 bis 4 sind transportorientiert, die darüberliegenden sind anwendungsorientiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die netzseitige Sicherung gegen Übertragungsfehler ist der OSI-Schicht 4 zugeordnet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anzahl der Schichten des OSI-Modells folgt unmittelbar aus systemtheoretischen Überlegungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anzahl der Schichten des OSI-Schichtenmodells ist willkürlich und ein Kompromiß zwischen zu hohem und zu niedrigem Detaillierungsgrad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alle heutigen Kommunikationsprotokolle halten sich streng an die im OSI-Modell definierten Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heutige Kommunikationsprotokolle sind schichtenorientiert spezifiziert. Sie halten sich aber nicht alle an die im OSI-Modell festgelegten Schichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Protokoll ist das geregelte Zusammenspiel zwischen Instanzen, die verschiedenen Systemen, aber derselben Schicht angehören.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die zu derselben OSI-Schicht in zwei miteinander kommunizierenden Systemen gehörenden Instanzen kommunizieren jeweils direkt ohne Nutzung der Dienste anderer Schichten miteinander.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Der Betreiber eines GSM Funktelefonnetzes habe ein Frequenzband von  $2 \cdot 21$  MHz zur Verfügung. Wie groß darf die von jeder Funkstation versorgte Fläche maximal sein, wenn im gesamten betrachteten Gebiet eine Verkehrskapazität von 200 E / km<sup>2</sup> benötigt wird ?

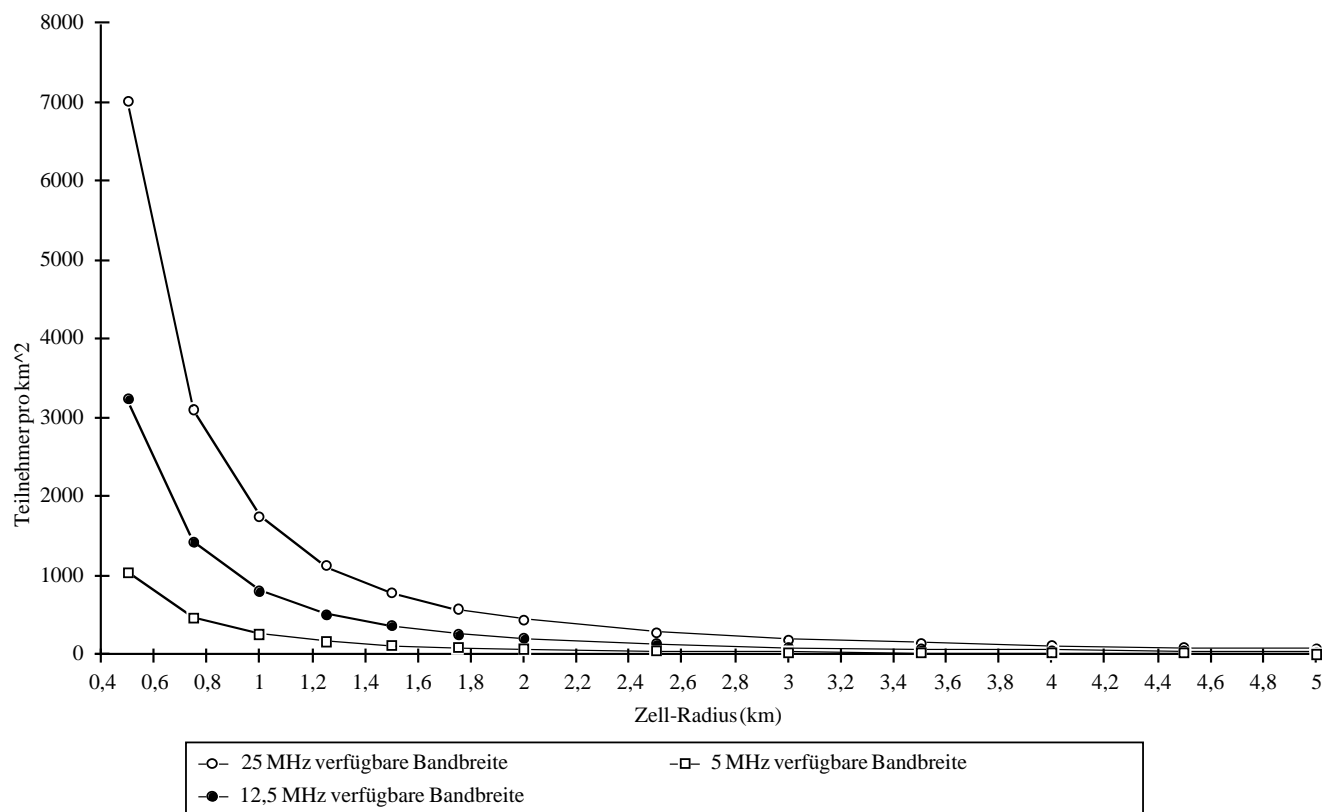
Angaben / Annahmen / Vereinfachungen zur Berechnung:

- Es werden Funkstationen mit jeweils 3 Sektoren eingesetzt (realisiert durch Richtantennen).

- Zur Sicherung eines hohen Gleichkanalstörungsabstands soll ein 21-er Frequenzwiedernutzungsmuster eingesetzt werden.
- Jeder GSM-FDMA-Kanal hat eine Bandbreite von  $2 * 200 \text{ kHz}$ .
- Vereinfachend wird angenommen, daß auf jedem GSM-FDMA Kanal 8 TDMA-Zeitschlitzze als Nutzkanäle voll zur Verfügung stehen.
- Für die Funkverbindung soll eine Besetzungswahrscheinlichkeit 2 % eingehalten werden.
- Für Bestimmung der erzielbaren Verkehrswerte soll die Erlang B Formel eingesetzt werden (entsprechende Tabellen finden Sie in der Anlage).

20. Wie wird in heutigen Funktelefonen (z.B. GSM) die Balancierung von Up-Link und Down-Link erreicht ?
- Hinsichtlich welcher für die maximale Funkreichweite wesentlichen Größen unterscheiden sich Up-Link und Down-Link typisch ?
  - Welche Größe wird für die Balancierung typisch geändert ?  
Wie wird bei der entsprechenden Berechnung vorgegangen ?

21. Im unten gegebenen Diagramm ist die bedienbare Verkehrskapazität (in Teiln. /  $\text{km}^2$ ) für ein Funktelefonsystem auf der Basis des GSM-Standards in Abhängigkeit von der gewählten Zellgröße dargestellt.



- Welche Größen müssen bekannt sein, um die Stützstellen der dargestellten Kurven berechnen zu können ?  
(Nur Bezeichnung der Größen angeben, die Angabe der entsprechenden Zahlenwerte ist nicht gefordert.)
- Weshalb nimmt die erzielbare Teilnehmerkapazität auf weit mehr als das Fünffache zu, wenn die Breite des verfügbaren Frequenzbands von 5 MHz auf 25 MHz erhöht wird ?