

Digitale KommunikationssystemeKlausur am 22.1. 1996, 8.00 Uhr - 10.00 Uhr  
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

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

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

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

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ 8 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. Erläutern Sie die Begriffe "verbindungsorientierte Dienste" und "verbindungslose Dienste".
  - a.) Skizzieren Sie den typischen Ablauf der Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern / Endgeräten bei Nutzung
    - I. eines verbindungsorientierten Dienstes,
    - II. eines verbindungslosen Dienstes.
  - b.) Nennen Sie Beispiele für verbindungslose und verbindungsorientierte Dienste/Netze aus den Bereichen LANs/MANs, leitungsgebundene Kommunikationsnetze und Mobilfunknetze.
  - c.) Welche Systeme sind Ihnen bekannt, die sowohl verbindungsorientierte als auch verbindungslose Kommunikationsdienste anbieten ?

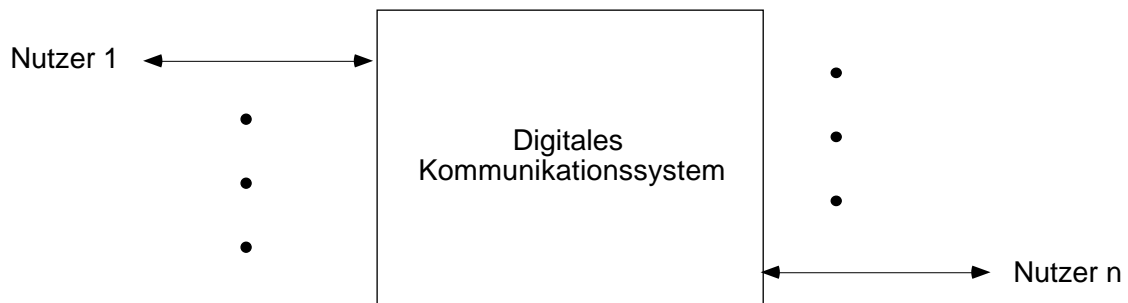
## 2. Huffman-Code

- a.) Bestimmen Sie einen Huffman-Code für eine Quelle, die die unten angegebenen Codewörter mit den angegebenen Wahrscheinlichkeiten erzeugt.

Symbol	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
Symbol-wahrscheinlichkeit	0,11	0,33	0,002	0,07	0,2	0,003	0,15	0,135
Codewörter (Huffman-Code)								

- b.) Handelt es sich bei dem von Ihnen bestimmten Code um einen Präfix-Code ?  
(Begründen Sie Ihre Antwort anhand des Code-Baums.)

3. Funktionale Beschreibung von Kommunikationssystemen:



Oben ist ein digitales Kommunikationssystem in "Black-Box" - Sicht dargestellt.

Nennen Sie in allgemeiner Form die wichtigen beschreibenden Merkmale für ein digitales Kommunikationssystem (bzw. die damit angebotenen Kommunikationsdienste) aus Nutzersicht.

Geben Sie - soweit möglich - für jedes von Ihnen genannte Merkmal an:

- eine Anwendung, die besonders hohe Anforderungen stellt, sowie
- eine Anwendung, die besonders niedrige Anforderungen stellt.

4. Was versteht man unter FEC und ARQ ?

Welches sind die Vor- und Nachteile dieser Alternativen ?

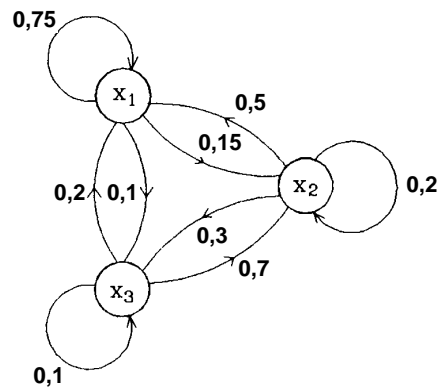
In welcher Art von Kommunikationssystemen ist ARQ nicht einsetzbar und warum ?

5. Ein Kanal-Coder erzeuge die nachfolgend gegebenen Codewörter:

Erzeugte Codewörter	Zugehöriger Binär-code
$a_n$	
$a_0$	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.) .

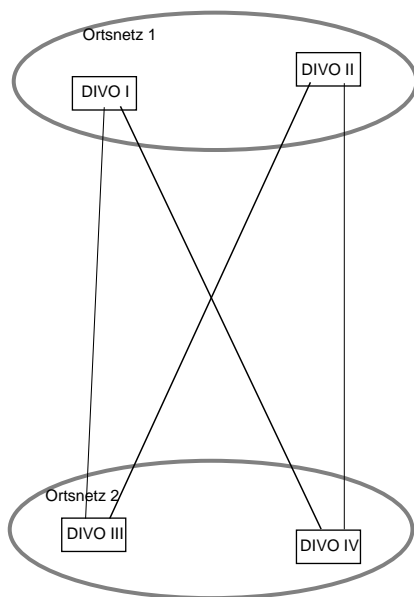
6. Die erstmals von Shannon hergeleitete Formel zur Berechnung der Kanalkapazität (maximal übertragbare Bitrate) analoger Kanäle lautet:
- $$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$
- mit
- C      Kanalkapazität (bit / s)
- B      Bandbreite (Hz)
- S/N    Leistung des Nutzsignals S (Signal) im Verhältnis 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. Es soll ein Funkkommunikationssystem für die Übertragung von Sprachkommunikation mit Voll-duplex (Telefonie) entwickelt werden. Das System soll für einen Entfernungsbereich zwischen den ortsfesten Sende- / Empfangsstationen (Basisstationen) und den mobilen Sende- / Empfangsgeräten (Endgeräten) von bis zu 2 km ausgelegt werden.
- a.) Nennen und erläutern Sie die prinzipiellen Alternativen zur Realisierung einer entsprechenden Voll-Duplex Verbindung über das Funkmedium.
- b.) Nennen Sie die Vor- und Nachteile der Alternativen für die in der Aufgabenstellung genannte Anwendung (qualitative Abschätzung, konkrete Berechnungen sind nicht gefordert.).
8. Erläutern Sie die Begriffe "Teledienst" und "Übermittlungsdienst":
- a.) Welche OSI-Schichten sind definiert
- I.      bei einem Teledienst
- II.     bei einem Übermittlungsdienst
- b.) Nennen Sie Beispiele für Teledienste und Übermittlungsdienste aus den Bereichen ISDN und Mobiltelefonie (GSM).
9. Welchen Vorteil bringt die (begrifflich etwas unsauber) als CD (Collision Detection) bezeichnete Ergänzung des CSMA Verfahrens (Carrier Sense Multiple Access) gegenüber den unveränderten CSMA Verfahren bei aloha-basierten LANs ?
- Bitte erläutern Sie dazu die Vorgänge beim CSMA und bei CSMA/CD Verfahren anhand von Skizzen.
10. Was versteht man unter Leitweglenkung ?
- a.) Durch welche Netzelemente wird die Leitweglenkung in digitalen leitungsvermittelten Telekommunikationssystemen realisiert ?
- b.) Welche Funktionen haben die verschiedenen Komponenten dieser Netzelemente für die Leitweglenkung ?
11. Gegeben ist eine Nachrichten-Quelle (Markoff-Quelle 1.Ordnung) mit einem Vorrat von 3 Symbolen  $X_1$ ,  $X_2$  und  $X_3$ . Das Diagramm unten zeigt die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen  $X_1$ ,  $X_2$  und  $X_3$ .



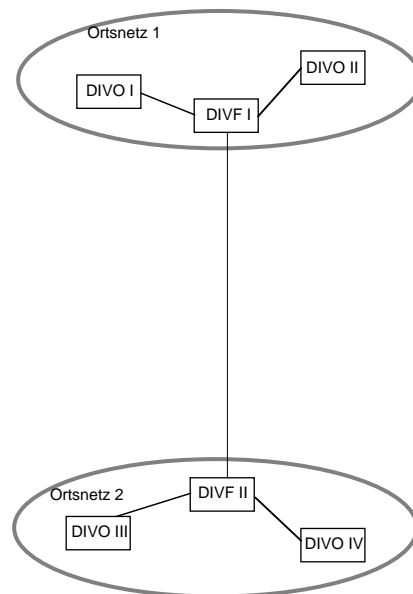
Weshalb ist es vorteilhaft, bei einer redundanzreduzierenden Codierung abhängig vom Zustand (d.h. dem zuletzt gesendeten Symbol) jeweils einen anderen Huffman-Code zu verwenden anstelle eines einzigen Huffman-Codes?

(Erläuterung in Stichworten).

12. Unten sind zwei Alternativen für die Verbindung von zwei Ortsnetzen dargestellt, die jeweils zwei DIVOs haben:



Alternative I



Alternative II

Die Verbindungen innerhalb der Ortsnetze (zwischen DIVOs bzw. DIVOs und DIVFs) seien ebenso wie die Kapazität aller beteiligten Vermittlungsstellen so ausgelegt, daß die hieraus resultierende Besetztwahrscheinlichkeiten zu 0 angesetzt werden können.

Zur Vereinfachung wird angenommen, daß abgehender Verkehr nur von Ortsnetz 1 in Richtung Ortsnetz 2 auftritt und nicht in umgekehrter Richtung. Fernverbindungen können von DIVOs innerhalb von Ortsnetzen nicht weitervermittelt werden.

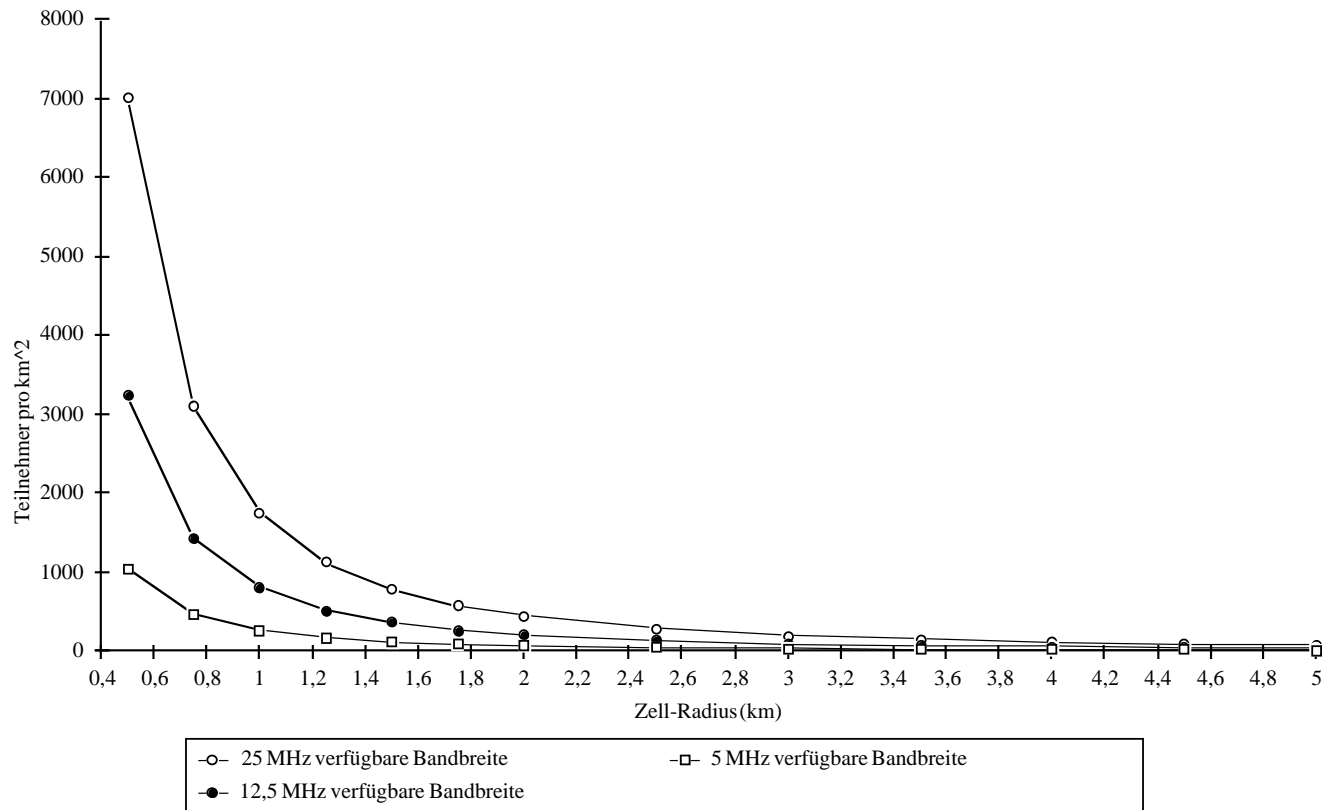
An DIVO I seien 500 Teilnehmer angeschlossen, an DIVO II 800 Teilnehmer. Das gerichtete Verkehrsaufkommen zur Hauptverkehrsstunde sei:

Verkehrsquelle / -ziel	Verkehrsaufkommen
DIVO I => DIVO III	10 mE / Teilnehmer
DIVO I => DIVO IV	8 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO III	5 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO IV	10 mE / Teilnehmer

- a.) Wieviele Kanäle müssen die eingezeichneten Leitungsbündel zur Verbindung der Ortsnetze mindestens haben, damit in keinem Fall eine Besetztwahrscheinlichkeit  $> 0,5\%$  auftritt ?
- b.) Welche Alternative ist hinsichtlich der insgesamt benötigten Kanalzahl zur Verbindung der Ortsnetze günstiger ?
- Warum ? (Stichwort genügt !)

Verkehrstabellen (nach Erlang B) stehen Ihnen im Anhang zur Verfügung.

13. Aus welchen drei (logischen) Teilnetzen bestehen moderne digitalen Telekommunikationssysteme (öffentliche WANs) ?
- Bitte geben Sie in Stichworten die Funktion dieser (logischen) Teilnetze an.
14. Was versteht man im Zusammenhang übertragungstechnischer Systeme unter Stopftechnik ?
- a.) Welche Arten der Stopftechnik unterscheidet man ?
- b.) Wodurch wird die in einem Übertragungssystem für die "Stopfinformation" vorzuhaltende Übertragungskapazität bestimmt ?
15. Erläutern Sie Funktion und prinzipielle Realisierung einer Gabelschaltung. Wie läßt sich die Wirkung einer Gabelschaltung für digitale Signale durch Nutzung hochintegrierter Schaltkreise verbessern ? (Prinzipiskizze, stichwortartige Erläuterung)
16. Zeichengabe an der Funkschnittstelle eines digitalen (GSM-) Funktelefonsystems ( $U_m$  - Schnittstelle zwischen Basisstation und mobilen Endgeräten)
- a.) Welche zusätzlichen Funktionen müssen über die Zeichengabe- / Steuerkanäle eines digitalen Funktelefonsystems im Vergleich zu einem leitungsgebundenen digitalen Telekommunikationssystem (ISDN) abgewickelt werden ?
- b.) Warum wird die Zeichengabe in modernen digitalen Funktelefonsystemen über mehrere logische Kanäle abgewickelt, die teilweise nur zeitweilig aufgebaut werden ?
14. Wodurch wird in einem digitalen mit TDMA arbeitenden Funktelefonsystem die maximal mögliche Zellgröße bestimmt, wenn sie nicht durch die benötigte Verkehrskapazität beeinflusst wird ?
17. 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.



- a.) 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.)
- b.) 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 ?
18. Erläutern Sie die Aufgaben und prinzipielle Funktionsweise der ATM- Anpassungsschicht (AAL = ATM Adaption Layer) für
- a.) Telefonie (isochroner, verbindungsorientierter Dienst; AAL1)
- b.) Verbindung von LANs (nicht-isochrone, nicht verbindungsorientierte Kommunikation auf den zu verbindenden LANs ; AAL4)
19. Wozu dient die sogenannte "Meta-Signalisierung" in einem ATM-Netz ?  
(Stichwortartige Erläuterung, evtl. einfache Skizze dazu.)
20. DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- a.) Wie funktioniert die Steuerung des Zugriffs auf das gemeinsame Medium (gegenläufig betriebener Doppelring) im "Queued Arbitrated" - Modus, d.h. für die Erbringung nicht-isochroner Dienste durch das DQDB-System ?
- b.) Welche Elemente enthält das Zugriffs-Steuerfeld (Access Control Field) der DQDB-Zellen im Hinblick auf die Realisierung des Zugriffsmechanismus entsprechend Aufgabenteil a.) ?