

Digitale KommunikationssystemeKlausur am 26.6. 1997, 8.00 Uhr - 10.00 Uhr  
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

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

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

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

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ **9** 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:**

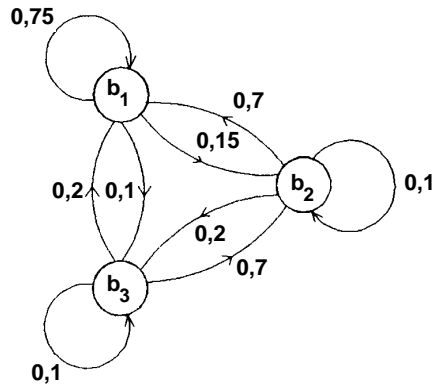
Soweit in Aufgaben auf konkrete Kommunikationssysteme (wie z.B. ISDN, GSM, DQDB oder Ethernet) eingegangen wird, ist es nicht erforderlich exakt die spezifisch für diese Systeme definierten Begriffe zu verwenden. Andere von Ihnen gewählte Begriffe, die die entsprechenden Vorgänge, Mechanismen, Funktionen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

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

Symbol	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$
Symbol-wahrscheinlichkeit	0,3	0,01	0,005	0,065	0,15	0,05	0,35	0,07
Codewörter (Huffman-Code)								

Wie groß ist die mittlere Wortlänge, die sich nach Anwendung des von Ihnen bestimmten Huffman-Codes auf die Quelle ergibt ?

2. Gegeben ist eine gedächtnisbehaftete Nachrichten-Quelle (Markoff-Quelle 1.Ordnung) mit einem Vorrat von 3 Symbolen  $b_1$ ,  $b_2$  und  $b_3$ . Das Diagramm unten zeigt die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen  $b_1$ ,  $b_2$  und  $b_3$ .



- a.) Wie läßt sich mit Hilfe der Huffman Codierung die Redundanz dieser gedächtnisbehafteten Quelle reduzieren ?
- b.) Führen Sie die unter a.) beschriebene Lösung durch.
- c.) Wie groß ist danach die mittlere Wortlänge ?
3. Welches sind die prinzipiellen Funktionsblöcke eines digitalen Nachrichtenübertragungssystems (ohne Vermittlungsfunktionen) ?  
Geben Sie jeweils mit einigen Stichworten die Aufgabe / Funktion der von Ihnen aufgeführten Funktionsblöcke an.
4. Realisierung von Duplex-Verbindungen auf Zweidrahtmedien (es soll nur die Übertragung digitaler Signale betrachtet werden):
- a.) Welche prinzipiell unterschiedlichen Möglichkeiten zur Realisierung von (Voll-) Duplex-Verbindungen auf Zweidrahtmedien gibt es ?
- b.) Welche Vor- und welche Nachteile haben diese Alternativen für die leitungsgebundene Übertragung zwischen Ortsvermittlungsstellen und Teilnehmeranschlüssen ?
5. 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.
6. Erklären Sie die Begriffe
- a) Übermittlungsdienst (Trägerdienst)
- b) Teledienst
- c) Zusatzdienst
- Geben Sie jeweils Beispiele für typische Dienste in ISDN- oder GSM-Systemen oder anderen Ihnen bekannten Netzen.

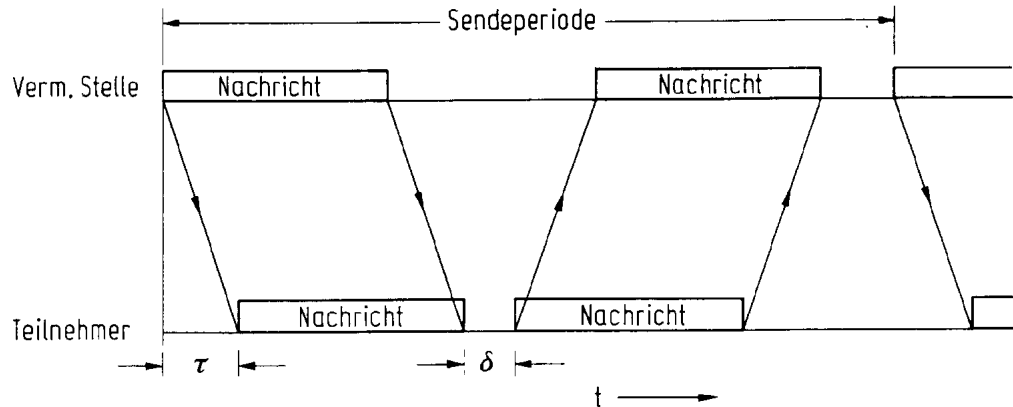
7. Bitte vergleichen Sie die das im Ethernet/IEEE 802.3 verwendete Zugriffsverfahren auf das gemeinsame Medium (CSMA / CD = Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) mit dem beim CAN-Bus verwendeten Zugriffsverfahren (CSMA/CD + AMP (= Arbitration on Message Priority)). Füllen Sie dazu die Felder der unten gegebenen Tabelle mit Stichworten.

	CSMA / CD (z.B. Ethernet / IEEE 802.3)	CSMA / CD + AMP (z.B. CAN-Bus)
Festlegung des Übertragungsrechts / Ablauf der Wettbewerbsphase		
Abhängigkeit der maximalen Bitrate von der Buslänge		
Echtzeitfähigkeit		
Länge der Pakete / Nachrichten		

Es ist vorteilhaft, zur Erläuterung des ersten Vergleichspunkts mit einfachen Skizzen zu arbeiten.

8. Aus welchen Gründen bauen die Zeichengabesysteme in modernen leitungsvermittelten digitalen Telekommunikationssystemen auf paketvermittelten Transportsystemen auf ?
9. Nennen Sie die typischen / wesentlichen Funktionen von Zeichengabesystemen
- für die Verbindung Teilnehmer <-> DIVO im ISDN
  - für die Verbindung zwischen DIVs im ISDN
10. Vermittlungsstellen für leitungsvermittelte Kommunikationsnetze
- Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau einer Vermittlungsstelle im ISDN (DIVF).
  - Welches sind die wesentlichen Aufgaben / Funktionen der von Ihnen unter a.) genannten (funktionalen) Module einer VSt (DIVF) ?

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



Berechnen Sie die pro Übertragungsrichtung im Mittel verfügbare Nutzbitrate, wenn

- das Zweidrahtmedium eine Übertragungsrate von 1 Mbit/s hat,
- die Laufzeit  $\tau = 150 \mu\text{s}$  beträgt,
- das Schutzintervall mit  $\delta = 100 \mu\text{s}$  festgelegt ist und
- die übertragenen Nachrichtenblöcke einen Umfang von 500 Bit haben.

12. Weshalb kann bei Funktelefonsystemen (z.B. GSM) die Teilnehmerkapazität durch Verkleinerung des von einer Funkfeststation jeweils versorgten Bereichs erhöht werden, bei Funkrufsystemen jedoch nicht ?

Bitte illustrieren Sie Ihre Erläuterungen mit einer (Prinzip-) Skizze.

13. In modernen Funktelefonsystemen (z.B. GSM) wird die Lokalisierung der Teilnehmer für den Aufbau von Fest -> Mobil Verbindungen mit zweistufigen Aufenthaltsdateien realisiert, wobei die erste Stufe größere Regionen und die zweite Stufe den genaueren Aufenthaltsbereich des Teilnehmers festhält.

Weshalb ist diese Zweistufigkeit vorteilhaft bzw. erforderlich ?

Erläutern Sie ihre Antwort mit einer Skizze zu den Vorgängen beim Aufbau einer Festnetztelefon -> Mobiltelefon Verbindung.

14. 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.

M(x):	1	0	1	1	1	0	1	1
-------	---	---	---	---	---	---	---	---

G(x):	1	0	0	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):".

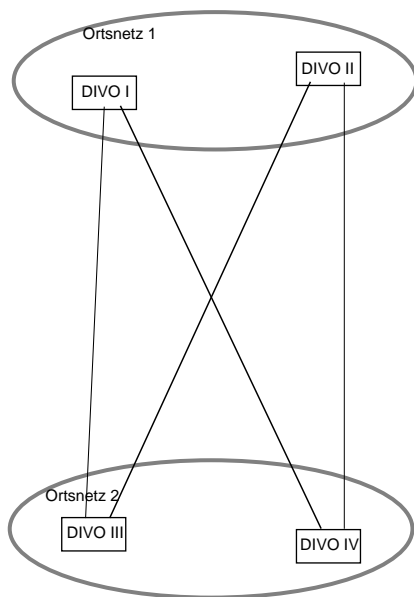
T(x):

Hinweis: Die Berechnung erfolgt mit modulo-2 Rechnung.

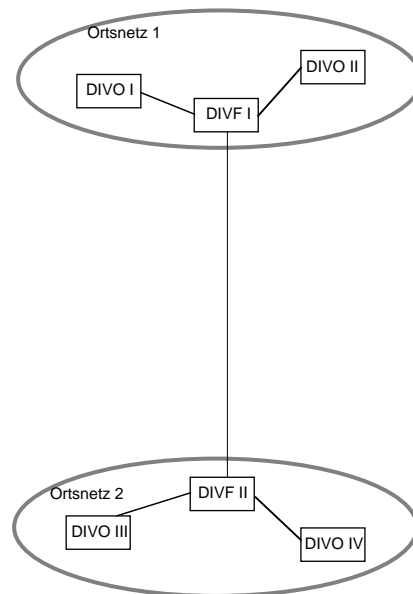
Bitte tragen Sie die Berechnungsschritte in das oben gegebene Raster ein, um die Korrektur zu erleichtern.

15. Weshalb können ATM-Netze auf der ATM-Schicht prinzipiell nicht verbindungslos arbeiten?

16. 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 1000 Teilnehmer. Das gerichtete Verkehrsaufkommen zur Hauptverkehrsstunde sei:

Verkehrsquelle / -ziel	Verkehrsaufkommen
DIVO I => DIVO III	20 mE / Teilnehmer
DIVO I => DIVO IV	15 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO III	5 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO IV	12 mE / Teilnehmer

- Wieviele Kanäle müssen die eingezeichneten Leitungsbündel zur Verbindung der Ortsnetze mindestens haben, damit in keinem Fall eine Besetztwahrscheinlichkeit  $> 0,5 \%$  auftritt ?
- 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.

- 
17. Zur Sicherung des Datenschutzes ("Recht auf informationelle Selbstbestimmung") ist eine verschlüsselte Übertragung insbesondere bei Funktelefonsystemen notwendig. Mit welchem Verfahren kann man erreichen, daß vom mobilen Endgerät und netzseitig für jede Verbindung neue Schlüssel verwendet werden, ohne daß die Schlüssel über die Funkschnittstelle übertragen werden müssen ?
18. Welches sind die Vor- und Nachteile des ATM Übertragungsverfahrens
- a.) gegenüber leitungsvermittelten Systemen ?
  - b.) gegenüber der "klassischen" Paketvermittlung ?
19. Aus welchen (u.a. kostenbezogenen) Gründen ist eine Verbindung der Funkstationen mit den zugehörigen zentral angeordneten Steuereinheiten / Vermittlungsstellen über Satellitenverbindungen bei Funkrufsystemen vorteilhaft, für Funktelefonsysteme jedoch nicht empfehlenswert ?
20. Funkübertragung zu Mobiltelefonen:
- a.) Welche (physikalischen) Effekte sind Ihnen bekannt, die Auswirkungen auf die Funkübertragung zu Mobiltelefonen haben ?
  - b.) Wie wirken sich diese auf das empfangene Signal aus ?
  - c.) Was muß speziell beim Empfang digitaler Signale berücksichtigt werden ?
21. DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- a.) Wie funktioniert die Steuerung des Zugriffs auf das gemeinsame Medium (gegenläufig betriebener Doppelbus) im "Queued Arbitrated Modus", d.h. für die Erbringung nicht-isochroner Dienste ?
  - b.) Wie funktioniert die Steuerung des Zugriffs auf das gemeinsame Medium im "Pre-Arbitrated Modus", d.h. für isochrone Dienste ?