

Digitale KommunikationssystemeKlausur am 20.6.1998, 10.30 Uhr - 12.30 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.

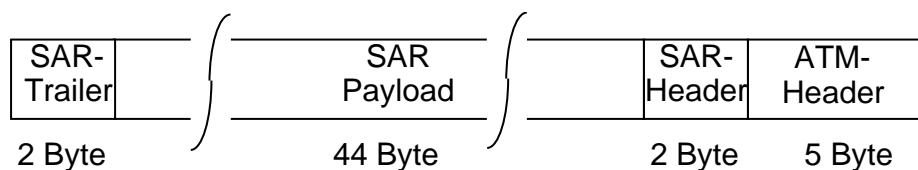
1. Eine gedächtnislose Nachrichtenquelle erzeuge die nachfolgenden Symbole mit den angegebenen Symbolwahrscheinlichkeiten:

Symbol	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7
Symbolwahrscheinlichkeit	0,01	0,15	0,3	0,2	0,02	0,1	0,15	0,07
Codewörter (Huffman-Code)								

- a.) Bestimmen Sie einen Huffman-Code für diese Quelle.
- b.) Bestimmen Sie die mittlere Codewortlänge, die sich nach Anwendung des von Ihnen bestimmten Huffman-Codes auf die Quelle ergibt.
2. LAN-Protokolle, die auf der MAC-Schicht nach dem "reinen Aloha-Prinzip" arbeiten, haben einen schlechten Durchsatz bei höherem Verkehrsaufkommen.
- a.) Welche Verbesserungen des Aloha-Verfahrens sind Ihnen bekannt, die zu einem höheren Durchsatz führen ?
- b.) Erläutern Sie die Unterschiede des typischen Ablaufs der Wettbewerbsphase (Contention Phase) für das reine Aloha-Prinzip und die von Ihnen benannten Verbesserungen.

3. Warum sind die für LANs / MANs eingesetzten Systeme (Shared Medium / dezentrale Vermittlung) für öffentliche Telekommunikationssysteme (WANs) mit sehr großer Teilnehmerzahl nicht geeignet ?
4. Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der im Mittel maximal erzielbaren Verkehrslast pro Leitung eines Bündels zwischen zwei Vermittlungsstellen (in Erlang) in Abhängigkeit von der Bündelgröße. Bitte die Koordinatenachsen beschriften.
Von welcher Vorgabe hängt der Verlauf der Kurve ab ?
5. Von welchen Kenngrößen eines linearen analogen Kanals hängt die (theoretisch) auf einem Kanal maximal übertragbare Bitrate ab ?
6. Für die Auswahl eines Vermittlungsverfahrens zur Übertragung bestimmter Nutzdaten seien folgende Aspekte von Bedeutung:
 - Übertragung von Daten mit variabler Bitrate
 - Sicherheit gegen Verlust von Teilen der übertragenen Nutzdaten
 - Signallaufzeit (absoluter Wert, konstante bzw. nicht-konstante Signallaufzeit)Bitte bewerten Sie die nachfolgende genannten Vermittlungsverfahren bezüglich der genannten Aspekte:
 - a.) Leitungsvermittlung (Durchschaltvermittlung)
 - b.) Paketvermittlung, verbindungslos
 - c.) ATM
7. Was versteht man im Zusammenhang der digitalen Übertragung zu Mobilfunkendgeräten unter "Intersymbolinterferenz" ?
 - a.) Welches ist die Ursache dieses Effekts ?
 - b.) Wie ist das TDMA Kanalzugriffsverfahren im Vergleich zum FDMA-Verfahren im Hinblick auf die Intersymbolinterferenz zu bewerten ?
8. Welche Eigenschaft muß ein Code mit unterschiedlichen Codewortlängen für die verschiedenen Symbole haben, damit die Symbole nach der Übertragung ohne Trennzeichen zurückgewonnen werden können ?
Bitte erläutern Sie, wie man diese Eigenschaft überprüfen kann.
9. Realisierung von Duplexverbindungen (es soll nur die Übertragung digitaler Signale betrachtet werden):
 - a.) Welche prinzipiell unterschiedlichen Möglichkeiten zur Realisierung von Duplexverbindungen auf Zweidrahtmedien sind Ihnen bekannt ?
 - b.) Bewerten Sie diese Alternativen im Hinblick auf die in der Vorlesung behandelten Mobilkommunikationssysteme.

10. Unten ist der prinzipielle Aufbau einer Nachricht bei Übertragung in einem ATM-Netz dargestellt.
- Welcher Schicht des ATM-Protokolls ist die Darstellung aufgrund des enthaltenen "Protokoll-Overheads" zuzuordnen ?
 - Wozu dienen die Felder "SAR-Header" und "SAR-Trailer", z.B. bei
 - der Übertragung von Sprachsignalen (Telefonie) ?
 - der Datenübertragung zwischen zwei über ein ATM-Netz gekoppelten LANs ?
 (Ein Beantwortung mit einigen Stichworten ist ausreichend, eine detaillierte grafische Darstellung der Vorgänge auf der entsprechenden Protokollschicht ist nicht erforderlich).



11. Nennen Sie die typischen / wesentlichen Funktionen von Zeichengabesystemen
- für die Verbindung Teilnehmer <-> DIVO im ISDN
 - für die Verbindung zwischen DIVs im ISDN
12. Eine gedächtnisbehaftete Quelle (Markov-Quelle 1. Ordnung) habe einen Symbolvorrat von 4 Symbolen a_1, a_2, a_3, a_4 . Die bedingten Wahrscheinlichkeiten $P(a_i | a_j)$ für das Auftreten der Quellensymbole sind:

erzeugtes Symbol a_i	zuletzt erzeugtes Symbol a_j (Zustand der Quelle)			
	a_1	a_2	a_3	a_4
a_1	0,7	0,25	0,7	0,25
a_2	0,1	0,25	0,1	0,25
a_3	0,1	0,25	0,1	0,25
a_4	0,1	0,25	0,1	0,25

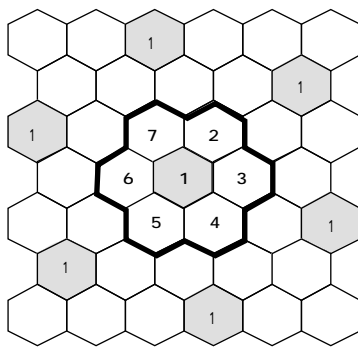
- Wie kann für eine gedächtnisbehaftete Quelle eine Redundanzreduktion durch Anwendung der Huffman-Codierung erreicht werden ?
- Führen Sie die Lösung entsprechend a.) durch.

13. Welche weitere Möglichkeit zur Datenkompression (Verringerung der notwendigen Übertragungsrate) außer der Redundanzreduktion gibt es für ein Nachrichtenübertragungssystem ?

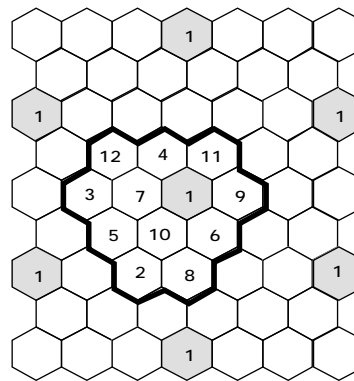
- Für welche Art von Signalen wird diese Möglichkeit typisch angewendet ?
- Welchen Nachteil hat diese Möglichkeit, wenn sie in Kommunikationssystemen eingesetzt wird, die eine Übertragung für verschiedene Tele- und Übermittlungsdienste realisieren ?



14. Berechnung des Frequenzbedarfs von Funktelefonteilungssystemen:



Fall A



Fall B

Oben sind zwei unterschiedliche Wiedernutzungsmuster für die Frequenzen in einem Funktelefonteilungssystem dargestellt. Die Fläche einer Zelle im Fall A beträgt 3 km^2 , im Fall B 2 km^2 . Es wird ein GSM-System genutzt, wobei vereinfachend angenommen wird, daß alle 8 TDMA-Zeitschlitz auf jedem Duplex-Kanalpaar uneingeschränkt für Nutzverkehr zur Verfügung stehen.

Wieviel Duplex-Kanalpaare (Frequenzen) muß ein Betreiber bei diesen Wiedernutzungsmustern und Zellgrößen mindestens zur Verfügung haben, um 200 Teilnehmer / km^2 bedienen zu können, wenn

- das Verkehrsaufkommen (gehend und kommend) pro Teilnehmer in der Hauptverkehrsstunde 20 mE beträgt,
- die Teilnehmer als räumlich gleichverteilt angenommen werden und
- eine Besetztwahrscheinlichkeit 2 % zu jeder Tageszeit eingehalten werden soll (Alle anderen Elemente des Funktelefonteilungssystems außer der Funkübertragung werden dabei als blockierungsfrei angenommen.).

15. Was versteht man im Zusammenhang übertragungstechnischer Systeme unter Stopftechnik ?

- Welche Arten der Stopftechnik unterscheidet man ?
- Wodurch wird die in einem Übertragungssystem für die "Stopfinformation" vorzuhaltende Übertragungskapazität bestimmt ?

16. 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) ?

17. 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	0	1	0	1	0
-------	---	---	---	---	---	---	---	---

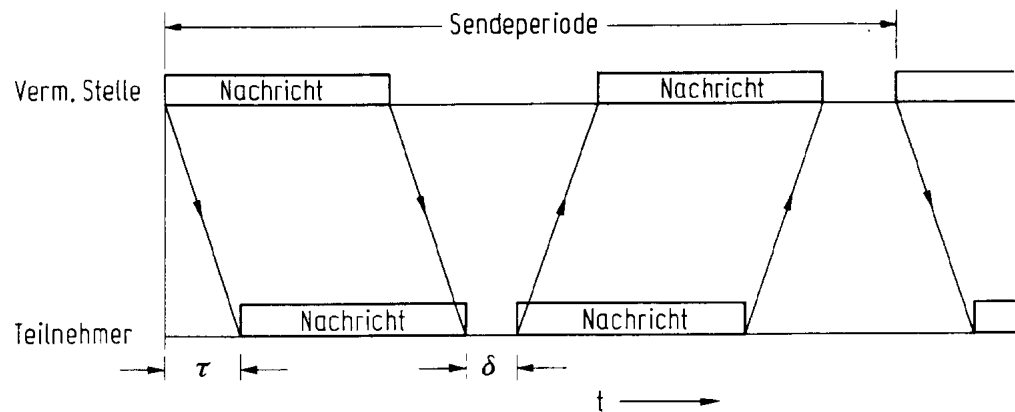
G(x):	1	0	1	1
-------	---	---	---	---

A large grid of graph paper, consisting of 20 columns and 20 rows of squares. In the bottom-left corner, the text "T(x):" is written in a black serif font, positioned at the intersection of the first vertical line and the first horizontal line from the bottom-left.

Hinweis: Die Berechnung erfolgt mit modulo-2 Rechnung.

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

18. 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.

19. DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

- 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 ?
- Wie funktioniert die Steuerung des Zugriffs auf das gemeinsame Medium im "Pre-Arbitrated Modus", d.h. für isochrone Dienste ?

20. Bitte vergleichen Sie die Systeme DQDB und ATM:

- Welches sind die wesentlichen gemeinsamen Eigenschaften dieser Systeme ?
- Welches sind die prinzipiellen / konzeptionellen Unterschiede dieser beiden Systeme ?

21. Zur Sicherung gegen Übertragungsfehler wird jedes Nutzbit 7 mal nacheinander übertragen (Kanalcodierung).

- Wieviele Bitfehler können in einem solchen Übertragungsblock von 7 Bit richtig korrigiert werden ?
- Wie kann man bei einer solchen Kanalcodierung durch Bitwiederholung die Sicherung gegen Übertragungsfehler bei Kanälen verbessern, die eine hohe Büschelfehlerwahrscheinlichkeit (Burst-Fehler) haben ?

TABLE Trunk-Loading Capacity, Based on Erlang B Formula, Full Availability

Trunks	Grade of Service 1 in 1000		Grade of Service 1 in 500		Grade of Service 1 in 200		Grade of Service 1 in 100		Grade of Service 1 in 50		Grade of Service 1 in 20	
	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU	UC	TU
1	0.04	0.001	0.07	0.002	0.2	0.005	0.4	0.01	0.7	0.02	1.8	0.05
2	1.8	0.05	2.5	0.07	4	0.11	5.4	0.15	7.9	0.22	14	0.38
3	6.8	0.19	9	0.25	13	0.35	17	0.46	22	0.60	32	0.90
4	16	0.44	19	0.53	25	0.70	31	0.87	39	1.09	55	1.52
5	27	0.76	32	0.90	41	1.13	49	1.36	60	1.66	80	2.22
6	41	1.15	48	1.33	58	1.62	69	1.91	82	2.28	107	2.96
7	57	1.58	65	1.80	78	2.16	90	2.50	106	2.94	135	3.74
8	74	2.05	83	2.31	98	2.73	113	3.13	131	3.63	163	4.54
9	92	2.56	103	2.85	120	3.33	136	3.78	156	4.34	193	5.37
10	111	3.09	123	3.43	143	3.96	161	4.46	183	5.08	224	6.22
11	131	3.65	145	4.02	166	4.61	186	5.16	210	5.84	255	7.08
12	152	4.23	167	4.64	190	5.28	212	5.88	238	6.62	286	7.95
13	174	4.83	190	5.27	215	5.96	238	6.61	267	7.41	318	8.83
14	196	5.45	213	5.92	240	6.66	265	7.35	295	8.20	350	9.73
15	219	6.08	237	6.58	266	7.38	292	8.11	324	9.01	383	10.63
16	242	6.72	261	7.26	292	8.10	319	8.87	354	9.83	415	11.54
17	266	7.38	286	7.95	318	8.83	347	9.65	384	10.66	449	12.46
18	290	8.05	311	8.64	345	9.58	376	10.44	414	11.49	482	13.38
19	314	8.72	337	9.35	372	10.33	404	11.23	444	12.33	515	14.31
20	339	9.41	363	10.07	399	11.09	433	12.03	474	13.18	549	15.25
21	364	10.11	388	10.79	427	11.86	462	12.84	505	14.04	583	16.19
22	389	10.81	415	11.53	455	12.63	491	13.65	536	14.90	617	17.13
23	415	11.52	442	12.27	483	13.42	521	14.47	567	15.76	651	18.08
24	441	12.24	468	13.01	511	14.20	550	15.29	599	16.63	685	19.03
25	467	12.97	495	13.76	540	15.00	580	16.12	630	17.50	720	19.99
26	493	13.70	523	14.52	569	15.80	611	16.96	662	18.38	754	20.94
27	520	14.44	550	15.28	598	16.60	641	17.80	693	19.26	788	21.90

Ausschnitt aus Verkehrswerttabellen (Erlang B)

Teil I (1 bis 27 Kanäle im Bündel)

TABLE Trunk-Loading Capacity, Based on Erlang B Formula, Full Availability

Trunks	Grade of Service 1 in 1000			Grade of Service 1 in 500			Grade of Service 1 in 200			Grade of Service 1 in 100			Grade of Service 1 in 50			Grade of Service 1 in 20		
	UC	TU		UC	TU		UC	TU		UC	TU		UC	TU		UC	TU	
28	546	15.18		578	16.05		627	17.41		671	18.64		725	20.15		823	22.87	
29	573	15.93		606	16.83		656	18.22		702	19.49		757	21.04		858	23.83	
30	600	16.68		634	17.61		685	19.03		732	20.34		789	21.93		893	24.80	
31	628	17.44		662	18.39		715	19.85		763	21.19		822	22.83		928	25.77	
32	655	18.20		690	19.18		744	20.68		794	22.05		854	23.73		963	26.75	
33	683	18.97		719	19.97		774	21.51		825	22.91		887	24.63		998	27.72	
34	711	19.74		747	20.76		804	22.34		856	23.77		919	25.53		1033	28.70	
35	739	20.52		776	21.56		834	23.17		887	24.64		951	26.43		1068	29.68	
36	767	21.30		805	22.36		864	24.01		918	25.51		984	27.34		1104	30.66	
37	795	22.03		834	23.17		895	24.85		950	26.38		1017	28.25		1139	31.64	
38	823	22.86		863	23.97		925	25.69		981	27.25		1050	29.17		1175	32.63	
39	851	23.65		892	24.78		955	26.53		1013	28.13		1083	30.08		1210	33.61	
40	880	24.44		922	25.60		986	27.38		1044	29.01		1116	31.00		1246	34.60	
41	909	25.24		951	26.42		1016	28.23		1076	29.89		1149	31.92		1281	35.59	
42	937	26.04		981	27.24		1047	29.08		1108	30.77		1182	32.84		1317	36.58	
43	966	26.84		1010	28.06		1078	29.94		1140	31.66		1215	33.76		1353	37.57	
44	995	27.64		1040	28.88		1109	30.80		1171	32.54		1248	34.68		1388	38.56	
45	1024	28.45		1070	29.71		1140	31.66		1203	33.43		1282	35.61		1424	39.55	
46	1053	29.26		1099	30.54		1171	32.52		1236	34.32		1315	36.53		1459	40.54	
47	1083	30.07		1129	31.37		1202	33.38		1268	35.21		1349	37.46		1495	41.54	
48	1111	30.88		1159	32.20		1233	34.25		1300	36.11		1382	38.39		1531	42.54	
49	1141	31.69		1189	33.04		1264	35.11		1332	37.00		1415	39.32		1567	43.54	
50	1170	32.51		1220	33.88		1295	35.98		1364	37.90		1449	40.25		1603	44.53	

Ausschnitt aus Verkehrswerttabellen (Erlang B)

Teil II (28 bis 50 Kanäle im Bündel)