

Digitale KommunikationssystemeKlausur am 9.1.1998, 14.00 Uhr - 16.00 Uhr
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

Name: _____

Vorname: _____

Matr.-Nr.: _____

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ 11 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	a_8	a_9
Symbol-wahrscheinlichkeit	0,1	0,2	0,05	0,001	0,1	0,25	0,003	0,01	0,25	0,036
Codewörter (Huffman-Code)										

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

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

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

- a.) Wie berechnet sich die Entropie (mittlerer Informationsgehalt) einer gedächtnislosen Quelle ?
- b.) Wie berechnet sich die Redundanz der von einer gedächtnislosen Quelle erzeugten Nachrichten aus der Entropie ?

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

Erzeugte Codewörter	Zugehöriger Binärcode
a_n	
a_0	0000100
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.) .

4. Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der im Mittel maximal erzielbaren Verkehrslast pro Kanal eines Bündels zwischen zwei Vermittlungsstellen (in Erlang) in Abhängigkeit von der Bündelgröße. Bitte die Koordinatenachsen beschriften.

Wie ändert sich der Verlauf der Kurve, wenn die zulässige Besetzungswahrscheinlichkeit

- a.) erhöht wird ?
- b.) verringert wird ?

5. Auf einer Übertragungsstrecke wird eine Sicherung gegen Übertragungsfehler mit dem ARQ-Verfahren durchgeführt. Um die Fehlererkennung auf der Empfängerseite zu ermöglichen, wird den Nachrichtenblöcken $M(x)$ auf der Senderseite eine Rahmenprüfsumme ($FCS = \text{Frame Check Sequence}$) angehängt, die als CRC-Code (Cyclic Redundancy Check) berechnet wird. Das für die Berechnung des CRC-Codes verwendete Generatorpolynom $G(x)$ ist unten gegeben.

Wird die unten gegebene empfangene Bitfolge $T(x)$ als fehlerhaft erkannt oder nicht ?
Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

T(x)		1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
------	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

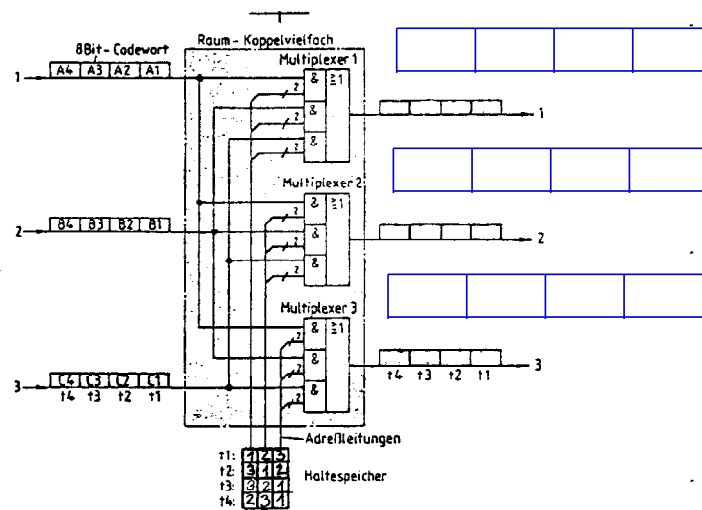
G(x):	1	0	0	1
-------	---	---	---	---

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, equal-sized squares formed by thin black lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

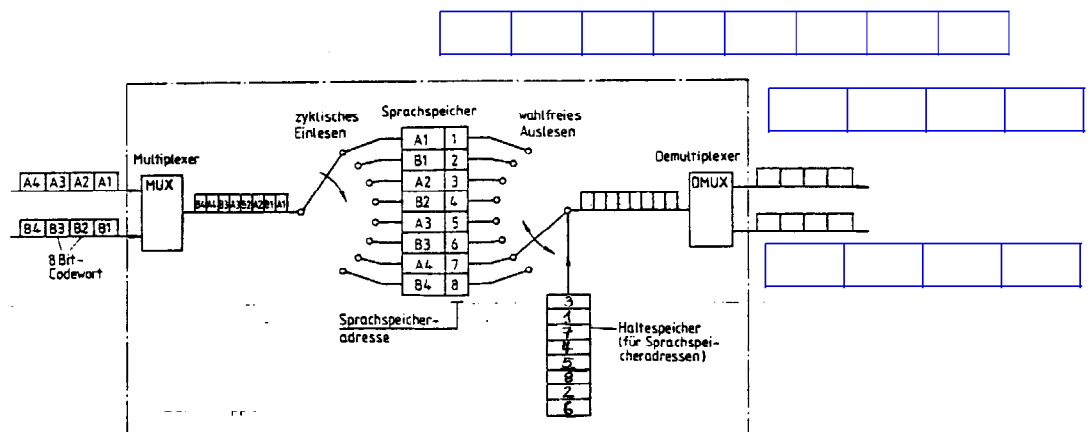
Bitte tragen Sie notwendige Berechnungsschritte in das oben gegebene Raster ein, um die Korrektur zu erleichtern.

-
7. Erläutern Sie die Begriffe "verbindungsorientierter Dienst" und "verbindungsloser Dienst".
- a.) Skizzieren Sie den typischen Ablauf einer 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 ?
8. Ein Mobiltelefonsystem soll auf der Funkschnittstelle zu den mobilen Endgeräten mit dem CDMA / Spread Spectrum (Code Division Multiple Access) Verfahren arbeiten.
Wodurch ist die maximale Anzahl der Nutzkanäle bei vorgegebener Frequenzbandbreite begrenzt ?
9. Welche prinzipiell unterschiedlichen Zugriffsverfahren auf das gemeinsame Übertragungsmedium bei LAN / MAN-Systemen sind Ihnen bekannt (MAC-Layer = Medium Access Layer) ?
Nennen Sie jeweils stichwortartig Vor- und Nachteile der Alternativen.
10. Welches Ihnen bekannte LAN / MAN-System bietet zusätzlich zu der LAN-typischen nicht-isochronen Übertragung auch die Möglichkeit für isochrone Verbindungen ?
- a.) Welche konzeptionelle Eigenschaft dieses Systems macht die Bedienung isochroner Verbindungen möglich ?
 - b.) Durch welchen Mechanismus werden die isochronen Verbindungen realisiert ?
11. Nennen Sie jeweils mindestens ein Beispiel für die Koppelung von Kommunikationsnetzen, bei denen
- a.) ein Repeater
 - b.) eine Bridge
 - c.) ein Router
- eingesetzt werden muß (Bitte stichwortartige Begründung.).
12. Was versteht man unter Leitweglenkung ?
- a.) Durch welche Netzelemente wird die Leitweglenkung in digitalen leitungsvermittelten Telekommunikationsnetzen realisiert ?
 - b.) Welche Funktion haben die verschiedenen Komponenten dieser Netzelemente für die Leitweglenkung ?

13. Arbeitsweise von Koppelfeldern in Vermittlungsstellen (Leitungsvermittlung)



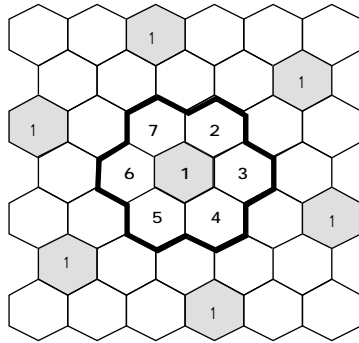
Raumkoppelfeld



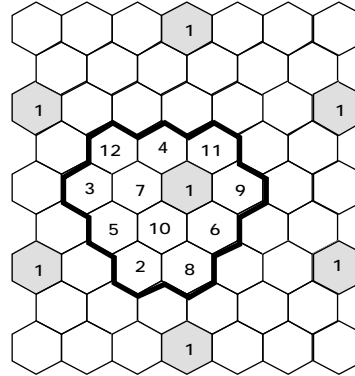
Zeitkoppelfeld

Tragen Sie für die dargestellte Raumkoppelstufe und die dargestellte Zeitkoppelstufe jeweils die Kennungen der 8-bit Codewörter in die vorgesehenen leeren Felder am Ausgang der Koppelstufen ein.

14. Berechnung des Frequenzbedarfs von Funktelefonsystemen:



Fall A



Fall B

Oben sind zwei unterschiedliche Wiedernutzungsmuster für die Frequenzen in einem Funktelefonsystem dargestellt. Die Fläche einer Zelle im Fall A beträgt 4 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 TDMA-Duplex-Paare (Frequenzen) muß ein Betreiber bei diesen Wiedernutzungsmustern und Zellgrößen mindestens zur Verfügung haben, um 100 Teilnehmer / km^2 bedienen zu können, wenn

- das Verkehrsaufkommen (gehend und kommend) pro Teilnehmer in der Hauptverkehrsstunde 30 mE beträgt,
- die Teilnehmer als räumlich gleichverteilt angenommen werden und
- eine Besetztwahrscheinlichkeit 1 % zu jeder Tageszeit eingehalten werden soll (Alle anderen Elemente des Funktelefonsystems außer der Funkübertragung werden dabei als blockierungsfrei angenommen.).

15. Welche zusätzlichen Zeichengabe- / Steuerungsvorgänge müssen bei einem digitalen (GSM-) Funktelefon gegenüber einem leitungsgebundenen (ISDN-) Endgerät abgewickelt werden ?

16. Unten ist der prinzipielle Aufbau eines Gesprächsdatensatzes (Call-Record) dargestellt, wie er in einem digitalen Funktelefonsystem (GSM) für Nutzverbindungen aufgezeichnet wird.

Erläutern Sie die Bedeutung der Felder c), g), h), i), l) und n) für die Erstellung der Gebührenrechnung für den Kunden, soweit jeweils zutreffend auch im Hinblick auf die dem Mobilfunkbetreiber entstehenden externen Kosten (Weiterbelastung der von anderen Netzbetreibern in Rechnung gestellten Nutzungsgebühren).

	Mobile Originated Call Attempt	Mobile Terminated Call Attempt
a)	IMSI of calling party	calling number
b)	calling number	IMSI of called party
c)	called number	called number
d)	location identification: - MSC identification - Cell identification - etc.	location identification: - MS roaming number - MSC identification - Cell identification - etc.
e)	bearer services used	bearer services used
f)	teleservices used	teleservices used
g)	supplementary services used	supplementary services used
h)	call handling time stamps	call handling time stamps
i)	indicator for use of OACSU	indicator for use of OACSU
j)	full rate or half rate channel	full rate or half rate channel
k)	cause for termination	cause for termination
l)	data volume	data volume
m)	call type indicator	call type indicator
n)	call reference	call reference

Abkürzungen:

OACSU: Off Air Call Setup ; IMSI: International Mobile Subscriber Identity

17. 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 ?

18. 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 ?

19. Signallaufzeit in ATM-Systemen

- Welche Netzelemente tragen in einem ATM-Netz (Breitband-ISDN) zu den Verzögerungen der zu übertragenden Nutzdatenströme bei ?
- Kennzeichnen Sie jeweils, ob es sich um fixe und/oder variable Verzögerungszeiten handelt.
- Wodurch sind die von Ihnen angegebenen Verzögerungen bedingt ?

20. Funkübertragung in digitalen Mobiltelefonsystemen mit TDMA (Time Division Multiple Access) (z.B. GSM)

- a.) Welche Gründe machen bei diesen Mobiltelefonsystemen eine dynamische Leistungsregelung der Endgeräte durch das Netz sinnvoll ?
- b.) Welcher weitere Parameter muß vom Netz auf der Sendeseite der Endgeräte ("Up-Link") unbedingt gesteuert werden, um einen ungestörten Empfang in der BTS sicherzustellen ?

21. Funkübertragung in Mobiltelefonsystemen

Die computergestützte Planung des Funkversorgungssystems berücksichtigt bei Funktelefonsystemen typisch nur den "Down-Link".

- a.) Welche Voraussetzung muß erfüllt sein, damit diese Vereinfachung zulässig ist ?
- b.) Wie wird vorgegangen, um diese Voraussetzung zu erfüllen ?

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)