

Digitale KommunikationssystemeKlausur am 25.6.2001, 10.30 Uhr - 12.30 Uhr
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

Name: _____

Vorname: _____

Matr.-Nr.: _____

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ 12 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:

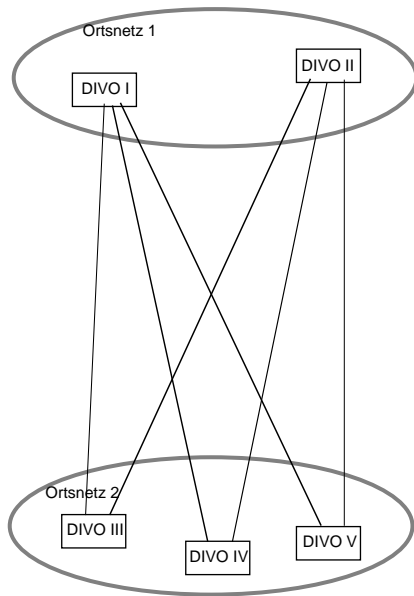
Symbol	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Symbol-wahrscheinlichkeit	0,01	0,15	0,3	0,2	0,02	0,1	0,15	0,07
Codewörter (Huffman-Code)								

- a.) Bestimmen Sie einen Huffman-Code für diese Quelle.
b.) Bestimmen Sie die Redundanz

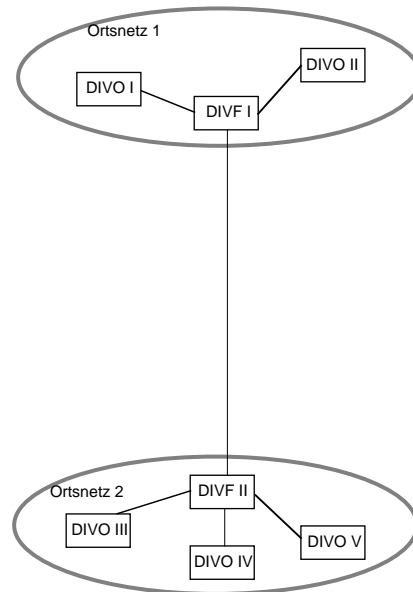
$$R = \bar{m} - H$$

vor und nach Huffman-Codierung (Für die Quelle wird vor Huffman-Codierung ein Code mit einer konstanten Wortlänge von 3 Bit/Symbol genutzt.).

2. Unten sind zwei Alternativen für die Verbindung von zwei Ortsnetzen dargestellt, von denen eines zwei und das andere drei DIVOs hat:



Alternative A



Alternative B

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 600 Teilnehmer angeschlossen, an DIVO II 500 Teilnehmer. Das gerichtete Verkehrsaufkommen zur Hauptverkehrsstunde sei:

Verkehrsquelle / -ziel	Verkehrsaufkommen
DIVO I => DIVO III	10 mE / Teilnehmer
DIVO I => DIVO IV	15 mE / Teilnehmer
DIVO I => DIVO V	12 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO III	10 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO IV	6 mE / Teilnehmer
DIVO II => DIVO V	8 mE / Teilnehmer

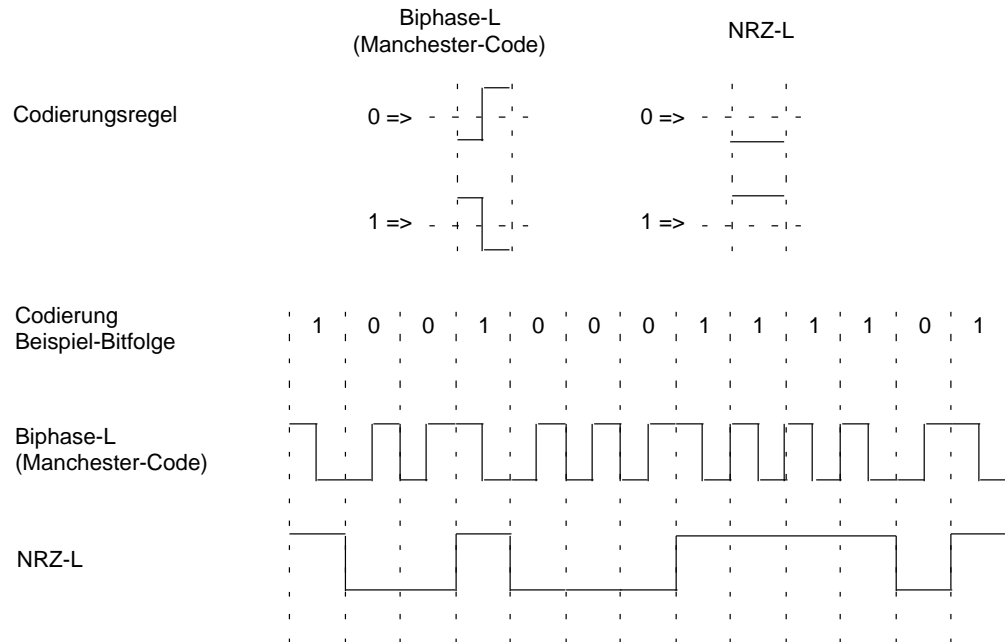
- Wieviele Kanäle müssen die eingezeichneten Leitungsbündel zur Verbindung der Ortsnetze mindestens haben, damit in keinem Fall eine Besetztwahrscheinlichkeit $> 1\%$ auftritt?
- Welche Alternative ist hinsichtlich der insgesamt benötigten Kanalzahl zur Verbindung der Ortsnetze günstiger?

Warum? (Stichwort genügt!)

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

3. Was versteht man unter dem Begriff "Modulationseffizienz" im Zusammenhang digitaler Übertragungssysteme ?
- a.) In welcher Einheit wird die Modulationseffizienz gemessen ?
 - b.) Welche Kenngrößen des analogen Kanals sind bestimmend für die maximal erreichbare Modulationseffizienz ?
- Durch welche Formel wird die theoretisch maximal erreichbare Modulationseffizienz für einen gegebenen analogen Kanal beschrieben ?
4. Vermittlung von Rufen zu nicht-geographischen Rufnummern in modernen öffentlichen leitungsvermittelten Kommunikationsnetzen ("Intelligentes Netz")
- a.) Bitte erläutern Sie die Abläufe im Intelligenten Netz beim Aufbau von Verbindungen, bei denen der A-Teilnehmer eine nicht-geographische Rufnummer wählt.
 - b.) Durch welches Netzelement werden Dienstmerkmale wie A-Nummern abhängiges Routing, zeitabhängiges Routing u.ä. gesteuert ?
5. Erläutern Sie die Begriffe "verbindungsorientierter Dienst" und "verbindungsloser Dienst".
- 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 und WANs für öffentlich angebotene Kommunikationsdienste.
 - c.) Welche Systeme sind Ihnen bekannt, die sowohl verbindungsorientierte als auch verbindungslose Kommunikationsdienste anbieten ?
6. 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.).

7. Unten sind die Codierungsregeln sowie die Codierung einer Beispiel-Bitfolge für zwei Verfahren zur Basisbandcodierung gegeben:

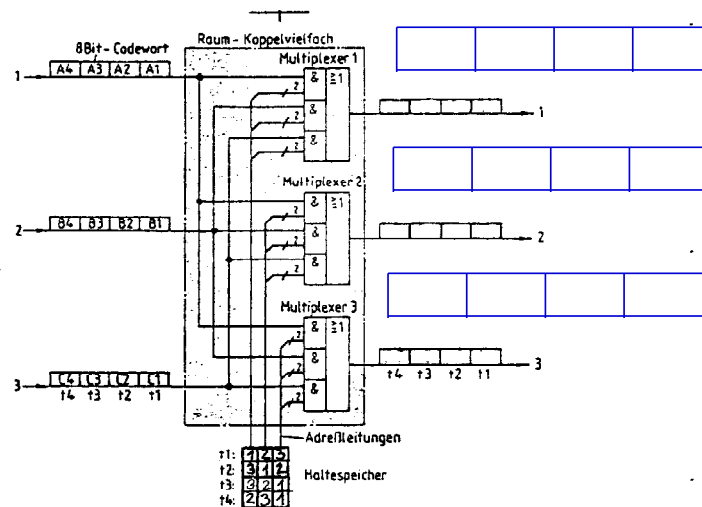


- a.) Welche von den beiden Basisbandcodierungen ist besser für die Realisierung eines LANs (mit 10 MBit/s Übertragungsgeschwindigkeit) geeignet ?
 - b.) Welches sind im Hinblick auf die oben genannte Nutzung die Vor- und Nachteile der beiden Basisbandcodierungen im einzelnen ?
8. Duplex-Übertragung durch "Gleichlageverfahren mit Echokompensation"
- a.) Erläutern Sie stichwortartig die Funktionsweise dieses Verfahrens zur Duplex-Übertragung analoger Signale auf einem Zweidrahtmedium, wie es seit mehr als einhundert Jahren für den Teilnehmeranschlußbereich genutzt wird.
 - b.) Welche Verbesserung dieses Verfahrens wird für die Übertragung digitaler Signale im Teilnehmeranschlußbereich des ISDN eingesetzt ?
(Bitte stichwortartig, evtl. mit Prinzip-Skizze erläutern).

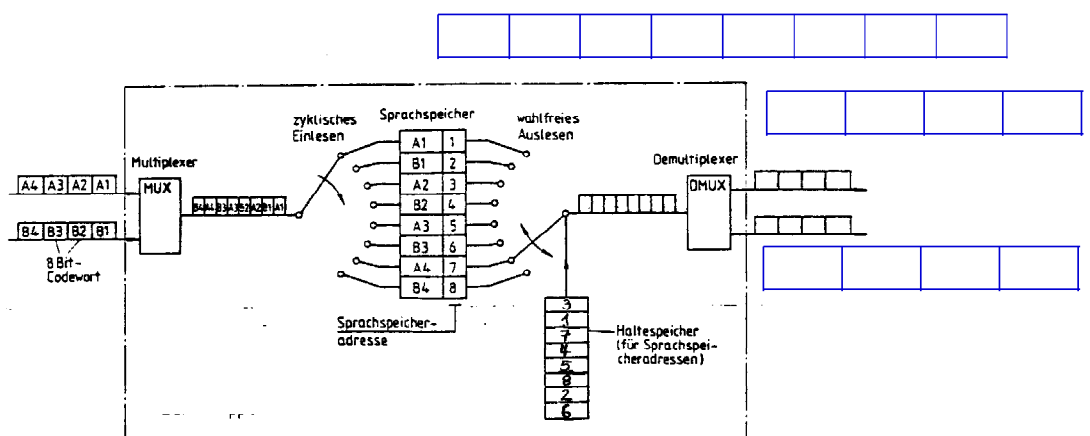
9. Welche der nachfolgenden Aussagen zum OSI-Schichtenmodell für Kommunikationsprotokolle sind zutreffend ? (Bitte ankreuzen)

	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"/>

10. 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.

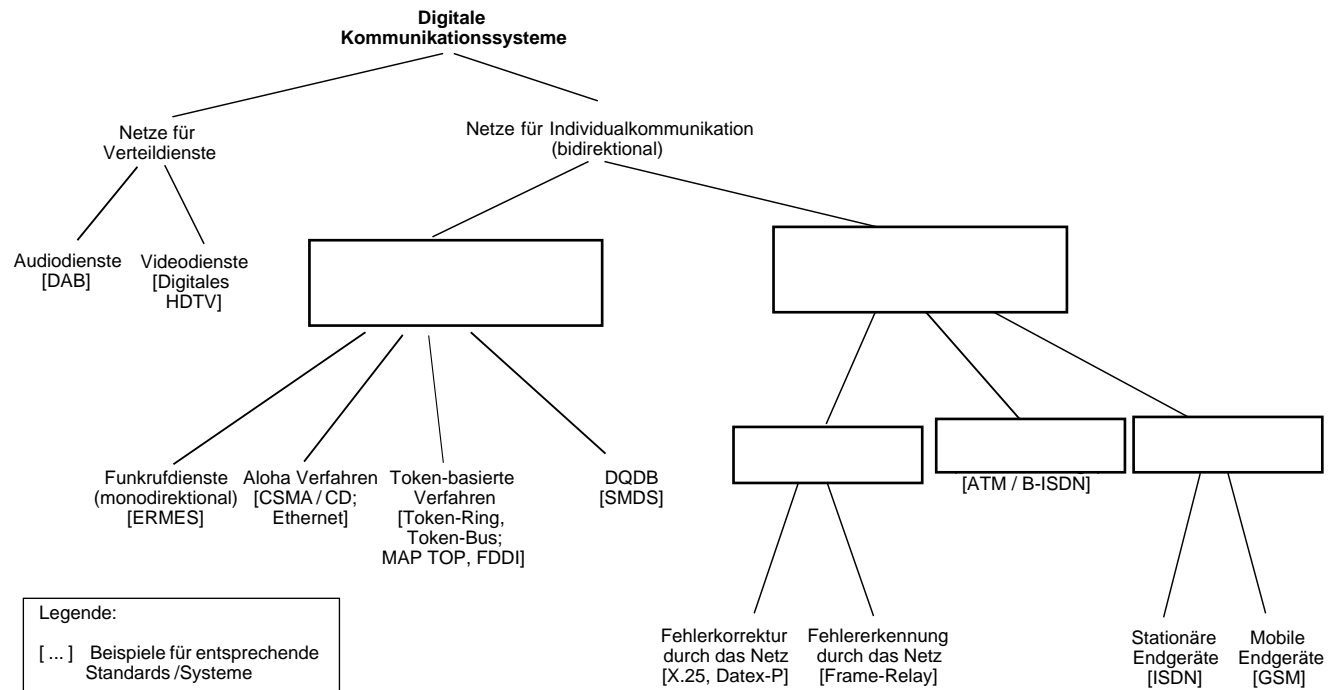
11. Unten ist eine Code-Tabelle für eine Quelle gegeben, die acht verschiedene Symbole a_0 bis a_7 erzeugt. Handelt es sich bei dem Code um einen Präfix-Code ?

Bitte begründen Sie ihre Antwort.

Symbol	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
zugeordnetes Codewort	111	011	100	110	10	0101	00	0100

Welchen Vorteil bietet der Einsatz von Präfix-Codes ?

12. Bitte ergänzen Sie die fehlenden Angaben an den Knoten des unten dargestellten Baums zur Einordnung digitaler Kommunikationssysteme.



13. Welches sind die Vor- und Nachteile des ATM Übertragungsverfahrens

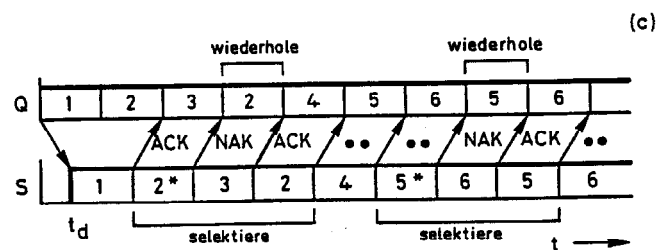
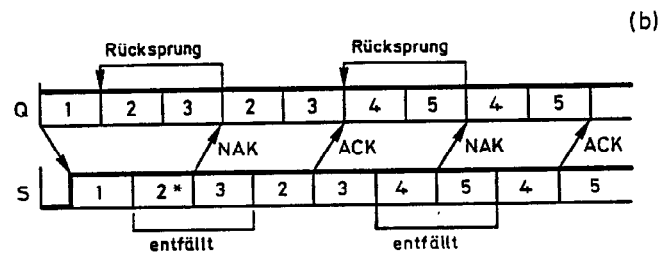
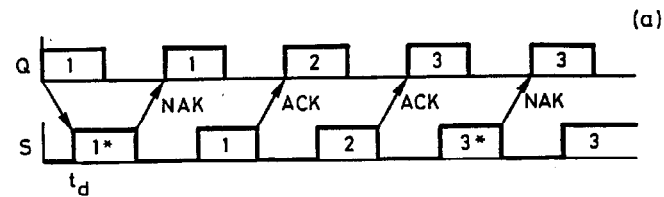
- gegenüber leitungvermittelten Systemen ?
- gegenüber der "klassischen" Paketvermittlung ?

Bitte begründen Sie Ihre Angaben stichwortartig.

14. 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 ?

15. Unten sind drei verschiedene Möglichkeiten zur Realisierung des ARQ-Verfahrens dargestellt ("Stop-and-Wait", "Go-Back-N", "Selective-Repeat").



Grundlegende ARQ-Prozeduren.

(a) Stop- and Wait, (b) Go-Back-N für $N=2$, (c) Selective-Repeat.
Q: Quelle, S: Senke, (*) Fehlerhafter Block.

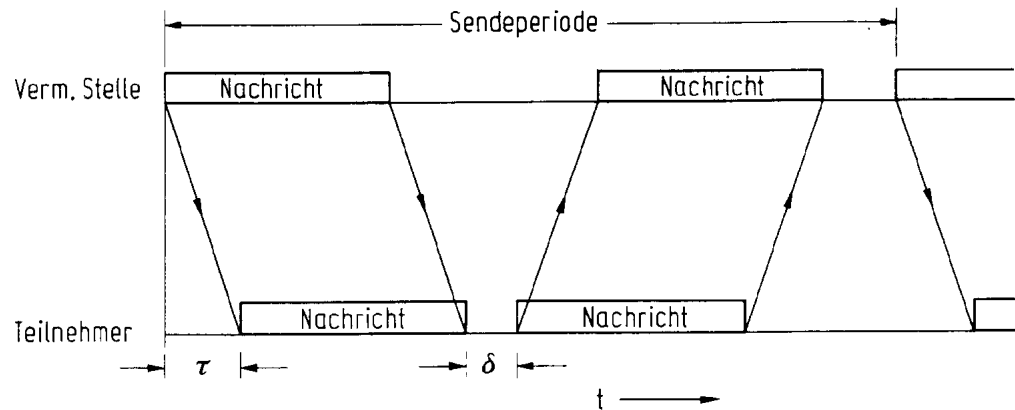
Q: Quelle, S: Senke, (*) Fehlerhafter Block.

Welche der Alternativen erzielt den höchsten mittleren Durchsatz, wenn die Quittierungsnachrichten gegenüber den Nutzdaten vernachlässigbar kurz sind und die Bitfehlerrate auf dem genutzten Kanal klein ist ?

Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

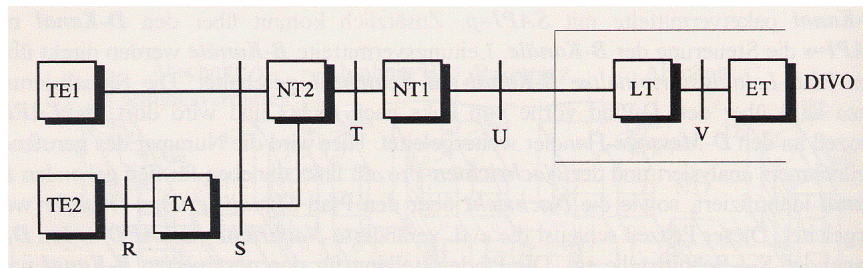
16. Vergleichen Sie die LAN/MAN-Konzepte CSMA/CD ("aloha-basiert"), Tokenring sowie DQDB hinsichtlich
 - a.) Durchsatz relativ zur Bitrate auf dem Medium,
 - b.) Echtzeitfähigkeit (garantierte maximale Paketlaufzeit),
 - c.) Bedienung isochroner Dienste.
17. LAN-Protokolle, die auf der MAC-Schicht nach 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.

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 $= 150 \mu\text{s}$ beträgt,
 - das Schutzintervall mit $= 100 \mu\text{s}$ festgelegt ist und
 - die übertragenen Nachrichtenblöcke einen Umfang von 1000 Bit haben.
 - Wie hoch ist die minimale Verzögerungszeit je Übertragungsrichtung, die sich für die Übertragung eines kontinuierlichen Bitstroms konstanter Bitrate prinzip-bedingt ergibt, wenn die bei einer technischen Realisierung durch die Bauelemente bedingten Verarbeitungszeiten alle zu 0 angenommen werden ?
 - Die übertragenen Nachrichtenblöcke werden jetzt stufenweise vergrößert. Wird die mittlere Übertragungsrate je Richtung dadurch vergrößert oder verringert ? Welche Einfluß hat dies auf die minimal mögliche Verzögerungszeit je Übertragungsrichtung entsprechend b.) ?
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. Das Diagramm unten zeigt das Referenzmodell für den Teilnehmeranschlußbereich des ISDN.



Bitte geben Sie an:

- wo die 2/4-Drahtwandlung für jede der Übertragungsrichtungen stattfindet
- welche Instanz im Referenzmodell für die Auswahl des Endgerätes zu einem eingehenden Ruf verantwortlich ist (der eingehende Ruf nutzt einen Teledienst).
- welche Funktionen der TA zwischen der S- und der R-Schnittstelle realisieren muß.

21. 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).

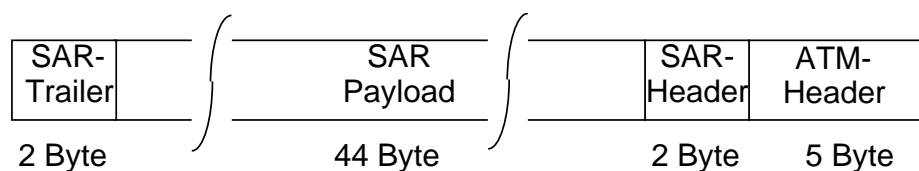


TABLE Trunk-Loading Capacity, Based on Erlang B Formula, Full Availability

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)