



Mobilkommunikation

Klausur am 16.1.2001, 13.30 Uhr - 14.30 Uhr
Prof. Dr.-Ing. D. Wermser

Punkte:

Note:

Name: _____

Vorname: _____

Matr.-Nr.: _____

Anzahl der abgegebenen Blätter:

+ 6 Aufgabenblätter
(inkl. Anhang)

Für die Klausur sind außer einem Taschenrechner (der ausschließlich Rechenfunktionen bietet) 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. GSM, ERMES oder UMTS) 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.

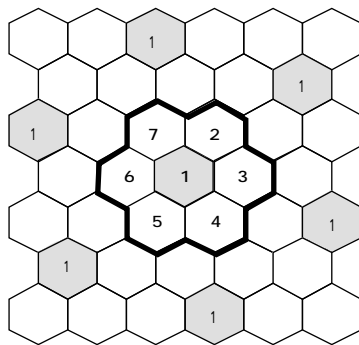
1. Im zukünftigen UMTS System wird sowohl FDD als auch TDD für die Übertragung von und zu den mobilen Endgeräten genutzt.
 - a.) Für welche Dienste sind die genannten Verfahren jeweils vorteilhaft und warum ?
 - b.) Welche(n) spezifischen Vorteil bietet das TDD-Verfahren, wenn Mobilgeräte als "Internet-Browser" genutzt werden ?

2. Bei der digitalen Übertragung auf dem Mobilfunkkanal wird häufig das sogenannte "Interleaving" eingesetzt.
 - a.) Erläutern Sie stichpunktartig - evtl. mit einer Grafik - die Funktionsweise dieses Verfahrens.
 - b.) Welche Vor- und Nachteile bietet das "Interleaving" und wie sind diese im Hinblick auf die verschiedenen übertragenen Informationen (Nutzsignale für verschiedene Dienste, Zeichengabe) zu bewerten ?

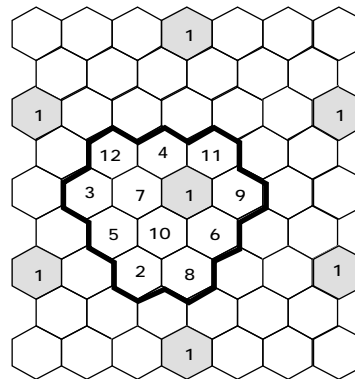
-
3. Bei CDMA / Spread Spectrum Systemen werden Sätze unterschiedlicher Codesequenzen zur Kanaltrennung eingesetzt.
- a.) In welcher Hinsicht ist die Autokorrelationsfunktion der verwendeten Codesequenzen für die Realisierung CDMA-basierter Funkübertragungssysteme von Bedeutung ?
 - b.) Wofür ist die Orthogonalität der verwendeten Codesequenzen von Bedeutung ?
4. Bei einem digitalen Mobilkommunikationssystem der 2. Generation (FDMA/TDMA Kanalzugriff; z.B. GSM) soll durch Verwendung eines anderen Modulationsverfahrens die übertragene Bitrate bei unveränderter FDMA-Kanalstruktur erhöht werden, d.h. die Modulationseffizienz verbessert werden.
- a.) Welche Auswirkungen dieser Veränderung der eingesetzten Systemtechnik auf die Randbedingungen der Funknetzplanung für den Netzbetreiber sind zu erwarten ?
 - b.) Welche Auswirkungen ergeben sich für das realisierbare Frequenz-Wiedernutzungsmuster ?
 - c.) Welche Auswirkungen ergeben sich auf die bedienbare Teilnehmerzahl / km² bei gleicher Anzahl BTS pro Fläche, wenn die Zahl der TDMA-Kanäle pro FDMA-Träger unverändert bleibt ?
- Bitte geben Sie jeweils eine stichwortartige Begründung.
5. Wenn eine Mobilstation (MS) sich durch ein größeres Versorgungsgebiet (Gebiet mit ausreichender Funkversorgung) bewegt, wird sie zwischen benachbarten Basisstationen (BTS) weitergeleitet (Handover). Bitte benennen Sie alle Ihnen bekannten Kriterien, die für die netzseitige Entscheidung zum Weiterleiten einer MS sinnvoll sein können.
6. In modernen digitalen Funktelefonsystemen werden innerhalb der Rahmenstruktur sogenannte "Trainingssequenzen" übertragen. Dies sind feste Bitfolgen, deren Inhalt dem Empfänger bekannt ist. Wozu dienen diese "Trainingssequenzen" ?

-
7. Spread-Spectrum / Code Division Multiple Access Übertragung für Funktelefonsysteme:
- a.) Weshalb ist das Spread-Spectrum / CDMA Verfahren hinsichtlich der EMV- und EMVU-Problematik günstiger zu bewerten als das heute (z.B. im GSM) eingesetzte TDMA Übertragungsverfahren ?
(Bitte stichwortartige Erläuterung zu genannten Gründen).
 - b.) Sind Ihnen weitere Vorteile des Spread-Spectrum / CDMA-Verfahrens bekannt ?
8. 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 ?
9. 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 ?

10. 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 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 400 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.).

11. Funkübertragung zu Mobiltelefonen:

- Welche (physikalischen) Effekte sind Ihnen bekannt, die Auswirkungen auf die Funkübertragung zu Mobiltelefonen haben ?
- Wie wirken sich diese auf das empfangene Signal aus ?
- Was muß speziell beim Empfang digitaler Signale berücksichtigt werden ?

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)