

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlegendes zur (Tele -) Kommunikation	1
1.1	Gegenwärtige zellulare Systeme	2
1.2	Zukünftige Entwicklungen	2
1.3	Das ISO/OSI-Referenzmodell	3
1.4	Zuteilung der Funkressourcen	5
1.4.1	Frequenzmultiplex	5
1.4.2	Zeitmultiplex, TDM	6
1.4.3	Codemultiplex, CDM	6
1.4.3.1	Direct Sequencing	7
1.4.3.2	Frequency Hopping	7
1.4.4	Raummultiplex, SDM	7
1.4.5	Zugriffs-Verfahren	8
2	Modelle für den Funkkanal	9
2.1	Einfache Zustandsmodelle für den Mobilfunkkanal	10
2.1.1	Gilbert-Modell	12
2.1.2	Fritchmann Modell	13
2.1.3	Einfache Zustandsmodelle für den Mobilfunkkanal als diskrete Markovsche Ankunftsprozesse	16
2.2	Motivation für weiterführende Untersuchungen	17
2.3	Deskriptive Modelle für den Funkkanal, Systemtheoretische Modellierung	18
2.3.1	Systemtheoretische Modellierung	18
2.3.1.1	Zusammenstellung der acht Systemfunktionen nach BELLO	18
2.3.2	Definitionen zur Stochastik	21
2.3.3	Stochastische Modellierung, Systemkorrelations-Funktionen	22
2.3.4	WSSUS-Systeme	22
2.3.4.1	Weitere Maße	24
2.3.4.2	Die unabhängig zeit- und frequenzdispersiven WSSUS-Syst.	25
2.3.5	Das Modell nach COST 207	25
2.4	Methoden im Frequenzbereich zur Generierung von korrelierten Sequenzen	26
2.5	Weitere Modelle	28
2.6	Anwendung stochastischer Prozesse zur Modellierung des Funkkanals	28
2.6.1	Definition der ARMA-Prozesse	30
3	Verallgemeinerte Gilbert-Elliott-Modelle	31
3.1.1	Markov-Modelle für den Funkkanal	31
3.1.2	Grundlegendes zu Pegelkreuzungsraten	33

3.1.3	Approximation der Übergangswahrscheinlichkeiten mit Pegelkreuzungs- raten	34
3.1.3.1	Eigenschaften von Jakobi-Matrizen	37
3.1.3.2	Optimierter Algorithmus unter Verwendung der Pegelkreuzungs- raten	39
3.1.4	Schätzen der Übergangswahrscheinlichkeiten	40
3.1.5	Nutzung spezieller Eigenschaften von Markov-Ketten für die Model- lierung des Funkkanals	41
3.1.5.1	Stationäre Wahrscheinlichkeit	41
3.1.5.2	Mittelwert	41
3.1.5.3	Globale Korrelation	42
3.1.5.4	Spektrale Eigenschaften	44
3.1.5.5	Mathematische Eigenschaften von stochastischen Matrizen	44
3.1.5.6	Verlauf des Spektrums	47
3.1.5.7	Verteilungsdichtefunktion der Verbindungsintervalle	49
3.1.5.8	Korrelation der Verbindungs- und Nichtverbindungs-Dauern	52
3.1.6	Semi-Markov-Prozesse zur Modellierung des Funkkanals	53
3.1.7	Markov, bzw. semi-Markov-Prozesse mit zyklischem Zustandsraum	56
3.1.7.1	Direkte Methode	56
3.1.7.2	Matrizentheoretische Methode	57
3.1.8	Vergleich der Algorithmen zur Parametrisierung	58
4	Fehlerprozesse der verallgemeinerten Gilbert-Elliott-Modelle	65
4.1	Der Markov-Modulierte-Poisson-Prozeß	65
4.2	Die zeitdiskrete Variante des MMPP, der MMBP	67
4.2.1	Der diskrete Markov'sche Ankunftsprozeß als Modell für den Fehler- prozeß	72
4.2.2	Einfache Zustandsmodelle für den Funkkanal als diskrete Markovsche Ankunftsprozesse	73
4.2.3	Eigenschaften von semi-Markov-Prozessen	73
4.2.3.1	Mittelwerte der Zwischenfehler-Abstände	74
4.2.3.2	Wahrscheinlichkeit für k-Fehler/Nicht-Fehler in Folge	75
4.2.3.3	Fehlerdichten	76
4.2.3.4	Mittlere Burstlänge, mittlere Nicht-Burstlänge	76
4.2.3.5	Korrelation der Zwischenfehler-Abstände	77
4.2.3.6	Korrelation der Fehler- und Nichtfehler-Abstände	78
4.2.4	Eigenschaften von endlichen Sequenzen	78
4.2.4.1	Die Zählfunktion	78
4.2.4.2	Mittlere Anzahl der Fehler in einem Intervall	79
4.2.5	Messungen am Fehlerprozeß	79
4.2.6	Vergleichende Zusammenfassung	81
4.3	Modelle für frequenzselektive Mobilfunkkanäle	83

5 (Zustands-) Modelle für Empfänger	85
5.1 Der Empfänger	85
5.2 Struktur eines GSM-Empfängers	86
5.2.1 GMSK-Modulationsverfahren	87
5.3 Korrelative Kanalschätzung	87
5.4 Adaptive Entzerrer, iterative Kanalschätzung	88
5.5 Zustandsmodelle für den Empfänger	90
6 Eine Simulationsumgebung zur Nachbildung eines zellularen Funknetzes	95
6.1 Geländestruktur und Bebauung	95
6.2 Abschattung und Mobilität	97
6.3 Mehrwegeausbreitung und Frequenzselektivität	98
6.4 Einführung in die Funkübertragung des GSM	99
6.4.1 Multiplexverfahren	99
6.4.2 Logische Kanäle	99
6.4.3 Burst-Strukturen	100
6.5 Fehlersicherung	101
6.5.1 Faltungscode	101
6.6 Der Interleaver	102
6.7 Ergebnisse der stochastischen Simulation	105
6.8 Untersuchung von Frequenzsprungverfahren	105
6.9 Zusammenfassung	108
7 Herleitung von Paketfehlermodellen	109
7.1 Gedächtnislose Paketfehlermodelle	109
7.1.1 Paketfehlermodelle auf der Basis geometrischer Prozesse	109
7.1.2 Schwellenmodelle	111
7.1.3 Auf Zustandsmodellen basierende Paketfehlermodelle	112
7.1.3.1 Matrix-Binomial Modell	113
7.1.3.2 Approximation durch eine Matrix-Exponential-Funktion	114
7.2 Anwendung der Modelle	115
7.2.1 Das Problem der Unfairness beim Kanalzugriff in zellularen Systemen	115
7.2.2 Durchsatz bei gerichteten Antennen, Einfluß der Fehlausrichtung	117
7.3 Gedächtnisbehaftete Paketfehlermodelle	122
7.3.1 Fehlermodelle erster Art	122
7.3.1.1 Exakte Modelle	123
7.3.2 Fehlermodelle zweiter Art	124
7.3.3 Theoretische Modelle für das Interleaving	124
8 Beiträge zu einer Systemtheorie für digitale Kommunikationssysteme	127
8.1 Systemtheoretische Modellierung	127
8.2 Theorie stochastischer Automaten	128
8.3 Verschmelzen von FSS	131
8.4 Anwendungen	135

8.5	Grenzbetrachtungen	136
8.6	Durchsatz eines einfachen Quittierungsverfahrens	137
8.7	Zusammenfassung und Ausblick	141
A	Abkürzungsverzeichnis	143
B	Grundlegendes zur Matrizenrechnung	145
	Literaturverzeichnis	149