

2809-6960
+1CD-Rom

MATLAB

in der

Nachrichtentechnik

Von Univ.-Professor Dr.-Ing. Karl Dirk Kammeyer
und Dr.-Ing. Volker Kühn

Universität Bremen

Mit 300 Bildern, oftmals mit Teilbildern
und 40 Tabellen



J. Schlemmbach Fachverlag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
I Signale und Übertragungssysteme	1
1 Systemtheoretische Grundlagen	3
1.1 Begriffe und Beziehungen aus der Systemtheorie	3
1.1.1 Deterministische Signale	3
1.1.2 Stochastische Signale	7
1.1.3 Übungen	9
1.2 Hilberttransformation	23
1.2.1 Eigenschaften	23
1.2.2 Übungen	25
1.3 Darstellung reeller Bandpaßsignale im äquivalenten Tiefpaßbereich	32
1.3.1 Analytische Signale und Komplexe Einhüllende	32
1.3.2 Übungen	35
1.4 Äquivalente Tiefpaß-Darstellung stationärer Bandpaß-Rauschprozesse	43
1.4.1 Komplexe Autokorrelationsfunktion, Leistungsdichtespektrum	43
1.4.2 Übungen	45
2 Kanalmodellierung	53
2.1 AWGN-Kanal	53
2.2 Kanäle mit linearen Verzerrungen	55

2.2.1	Theoretische Grundlagen	55
2.2.2	Übungen	58
2.3	Mobilfunkkanäle	65
2.3.1	Theoretische Grundlagen	65
2.3.2	Übungen	69
2.4	Diskrete Kanäle	82
2.4.1	Theoretische Grundlagen	82
2.4.2	Übungen	86
II	Analoge Modulation	97
3	Darstellung analoger Modulationsverfahren	99
3.1	Beschreibung im Zeitbereich	99
3.1.1	Tiefpaß-Darstellung analoger Kommunikations- systeme	99
3.1.2	Definition analoger Modulationsformen	101
3.1.3	Übungen	104
3.2	Spektraleigenschaften analoger Modulationssignale	112
3.2.1	Lineare Modulationsformen	112
3.2.2	Nichtlineare Modulationsformen	113
3.2.3	Übungen	114
3.3	Demodulation	124
3.3.1	Übersicht kohärenter und inkohärenter Demodulationsverfahren	124
3.3.2	Übungen	126
4	Einflüsse von Übertragungskanälen	135
4.1	Lineare Kanalverzerrungen	135
4.1.1	Lineare Modulationsformen	136
4.1.2	Nichtlineare Modulationsformen	138
4.1.3	Übungen	139
4.2	Additives Rauschen	146
4.2.1	Rauschspektren am Empfängereingang	147

Inhaltsverzeichnis	XI
4.2.2 Signal-Störverhältnis nach der Demodulation	148
4.2.3 Übungen	150
III Digitale Übertragung	157
5 Grundelemente der Datenübertragung	159
5.1 Nyquistbedingungen, Impulsformung	159
5.1.1 Intersymbolinterferenz	162
5.1.2 Spektrum eines Datensignals	163
5.1.3 Übungen	164
5.2 Einfluß von Rauschen, Matched Filter	173
5.2.1 Matched Filter	174
5.2.2 Bitfehlerwahrscheinlichkeit	175
5.2.3 Übungen	176
5.3 Partial-Response-Übertragung	181
5.3.1 Partial-Response-Codierung	181
5.3.2 Partial-Response-Vorcodierung	182
5.3.3 Übungen	185
6 Digitale Modulation	193
6.1 Lineare Modulationsformen	193
6.1.1 Offset-QPSK	195
6.1.2 Differentielle PSK	196
6.1.3 Übungen	197
6.2 Continuous-Phase-Modulation	203
6.2.1 Frequency Shift Keying (FSK)	203
6.2.2 MSK und GMSK	204
6.2.3 REC- und RC-Signale	205
6.2.4 Übungen	206
6.3 Spektraleigenschaften	213
6.3.1 Lineare Modulationsformen	213
6.3.2 Continuous-Phase-Signale	214

6.3.3	Übungen	215
6.4	Demodulationsverfahren	219
6.4.1	Trägerregelung zur kohärenten Demodulation	219
6.4.2	Kohärenter MSK-Demodulator	221
6.4.3	Lineares Modell für nichtlineare CPM-Signale	222
6.4.4	Inkohärente Demodulation	224
6.4.5	Übungen	226
6.5	Symbol- und Bitfehlerwahrscheinlichkeiten	239
6.5.1	Gray-Codierung, Symbol- und Bitfehler	239
6.5.2	AWGN-Kanal	241
6.5.3	Schwundkanäle	247
6.5.4	Übungen	250
7	Entzerrung	259
7.1	Entzerrerstrukturen	259
7.1.1	Symboltakt-Entzerrer	260
7.1.2	Entzerrer mit Doppelabtastung	264
7.1.3	Entzerrer mit quantisierter Rückführung	267
7.1.4	Übungen	269
7.2	Adaptive Entzerrereinstellung	277
7.2.1	LMS-Algorithmus	277
7.2.2	Konvergenz des LMS-Algorithmus	280
7.2.3	Übungen	282
7.3	Maximum-Likelihood-Schätzung von Datenfolgen	289
7.3.1	Forney-Empfänger	289
7.3.2	Viterbi-Algorithmus	292
7.3.3	Fehlerverhalten des Viterbi-Entzerrers	297
7.3.4	Übungen	300
7.4	Kanalschätzung	305
7.4.1	Least-Squares-Lösung	305
7.4.2	GSM-Kanalschätzung	307
7.4.3	Turbo-Kanalschätzung	308

7.4.4	Übungen	310
8	Kanalcodierung	313
8.1	Einführung	313
8.2	Streifzug durch die Informationstheorie	314
8.2.1	Informationsgehalt und Transinformation	314
8.2.2	Berechnung der Kanalkapazität	316
8.2.3	Übungen	321
8.3	Grundlegendes zur Kanalcodierung	333
8.3.1	Restklassenarithmetik	333
8.3.2	Distanzeigenschaften von Codes	337
8.3.3	Decodierprinzipien	338
8.3.4	Leistungsfähigkeit von Codes	340
8.3.5	Übungen	343
8.4	Lineare Blockcodes	355
8.4.1	Matrixbeschreibung von Blockcodes	355
8.4.2	Nebenklassenzerlegung und Syndromdecodierung	358
8.4.3	Beispiele linearer Blockcodes	359
8.4.4	Übungen	361
8.5	Zyklische Codes	366
8.5.1	Beschreibung mit Generatorpolynom	366
8.5.2	Beschreibung mit Prüfpolynom	368
8.5.3	Bestimmung des Syndroms	369
8.5.4	Cyclic Redundancy Check-Codes (CRC-Codes)	370
8.5.5	Spektraltransformation auf Galoisfeldern	371
8.5.6	Reed-Solomon-Codes	373
8.5.7	BCH-Codes	374
8.5.8	Decodierung von BCH- und RS-Codes	376
8.5.9	Übungen	379
8.6	Faltungscodes	388
8.6.1	Aufbau des Faltungscodierers	388
8.6.2	Graphische Beschreibung von Faltungscodes	391

8.6.3	Punktieren von $1/n$ -rätigen Faltungscodes	393
8.6.4	Optimale Decodierung mit Viterbi-Algorithmus	394
8.6.5	Distanzeigenschaften und Leistungsfähigkeit	397
8.6.6	Übungen	399
IV	Konzepte zur Mobilfunkübertragung	413
9	Verkettete Codes	415
9.1	Einführung	415
9.1.1	Motivation	415
9.1.2	Vorbetrachtungen	416
9.1.3	<i>Interleaving</i>	418
9.1.4	Übungen	421
9.2	Serielle Codeverkettung	425
9.2.1	Einführung	425
9.2.2	Distanzeigenschaften seriell verketteter Codes	426
9.2.3	Beispiele seriell verketteter Codes	429
9.2.4	Übungen	432
9.3	Parallele Codeverkettung (Turbo-Codes)	443
9.3.1	Einführung	443
9.3.2	Distanzeigenschaften parallel verketteter Codes	444
9.3.3	Beispiele parallel verketteter Codes	444
9.3.4	Übungen	448
9.4	Decodierung verketteter Codes	455
9.4.1	Zuverlässigkeitsinformation und L -Algebra	456
9.4.2	Allgemeiner Ansatz zur <i>Soft-Output</i> -Decodierung	458
9.4.3	BCJR-Algorithmus am Beispiel von Faltungscodes	462
9.4.4	Iterative Decodierung verketteter Codes	467
9.4.5	Übungen	469
10	Das Mehrträgerverfahren OFDM	485
10.1	Einführung	485

Inhaltsverzeichnis	XV
10.2 Grundprinzip des OFDM-Verfahrens	486
10.2.1 Herleitung der DFT-Struktur	486
10.2.2 Das Guardintervall	488
10.2.3 Übergang auf den analogen Kanal	491
10.2.4 Übungen	492
10.3 OFDM-Kanalschätzung	499
10.3.1 Rauschreduktionsalgorithmus	499
10.3.2 Vorentzerrer zur Kompression der Impulsantwort	501
10.3.3 Übungen	502
11 Codemultiplex	509
11.1 Einführung	509
11.2 Grundlagen	510
11.2.1 Prinzip der spektralen Spreizung	510
11.2.2 Spreizungssequenzen	513
11.2.3 Übungen	516
11.3 CDMA für frequenzselektive Kanäle	526
11.3.1 SC-CDMA	526
11.3.2 OFDM-CDMA	529
11.3.3 Übungen	532
Literaturverzeichnis	543
Sachverzeichnis	553