

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Verkehr	6
1.2	Multiplexbildung	8
1.3	Netzplanung, Netzmanagement und Leistungsbewertung	9
1.4	Aufbau des Buches	12
	Literatur	14

Teil I Netzplanung und Netzoptimierung

2	Klassifizierung von Problemen	17
2.1	Platzierung von Kernnetz-knoten	19
2.2	Verbindungsnetz	21
2.3	Wegezuweisung	22
2.4	Optimale Wegezuweisung	23
2.5	Optische Netze	24
2.6	Behandlung von Netzausfällen	25
2.7	Schichtenübergreifende Optimierung	26
	Literatur	28
3	Methoden für die Lösung von Problemen der linearen Optimierung	29
3.1	Simplex-Algorithmus und Branch-and-Bound-Verfahren	29
3.2	Schranken und Dualität	34
3.3	Iterative Optimierung	40
3.4	Lösungsmethode: Genetische Algorithmen	42
3.5	Dimensionierung optischer Netze: Vergleich unterschiedlicher Verfahren	45
3.5.1	Iterative Optimierung	46
3.5.2	Genetischer Algorithmus	49
	Literatur	52

4	Weiterführende Beispiele der Netzoptimierung	53
4.1	Platzierung von Wellenlängenkonvertern	53
4.2	Dynamische Rekonfiguration einer logischen Topologie bei Lastveränderungen	56
	Literatur	62
5	Optimierung mit elastischen Verkehren	63
5.1	Ein weiterführendes Beispiel: Peer-to-Peer-Netze	65
	Literatur	74
6	In Teil I verwendete Symbole	75
 Teil II Warteschlangensysteme		
7	Einführung in die Warteschlangentheorie	79
8	Zufallsprozesse	85
8.1	Zeitdiskrete Markow-Ketten	86
8.2	Zeitkontinuierliche Markow-Ketten	91
8.3	Erneuerungsprozesse	97
8.4	Poisson-Prozess	100
8.4.1	Ankunftsabstände	102
8.4.2	PASTA-Eigenschaft	103
8.4.3	Multiplex- und Demultiplexvorgänge	103
8.5	Selbstähnlichkeit	104
8.6	Beziehungen zwischen Zufallsprozessen	112
	Literatur	112
9	Einfache Markowsche Systeme	115
10	Gesetz von Little	123
11	Markowsche Warteschlangensysteme mit mehreren Bedienstationen	129
11.1	M/M/c-Wartesystem	130
11.2	M/M/c/c-Verlustsystem	132
11.3	M/M/c/c-System mit endlicher Quellenzahl	136
	Literatur	140
12	M/GI/1-System	141
12.1	Erwartungswerte	142
12.1.1	Restliche Bedienzeit	142
12.1.2	Verweilzeit und Wartezeit	143

12.2	Die eingebettete Markow-Kette	145
12.3	Wartezeitverteilung	151
12.4	Abgangsprozess	152
13	Vermittlungsknoten	155
13.1	Leitungsvermittlung	155
13.2	Paketvermittlung	160
13.2.1	Ausgangspufferung	160
13.2.2	Eingangspufferung	164
13.2.3	Zentralpufferung	166
13.2.4	Aufweichung der reinen Konzepte	167
	Literatur	169
14	Netze von Warteschlangen	171
	Literatur	175
15	Verkehrsformung	177
15.1	(σ, ρ) -Verkehrsformer	178
15.2	Abstandshalter (spacer)	182
15.3	bgP-Verkehrsformer	184
	Literatur	187
16	Zuteilungsverfahren (scheduling)	189
16.1	Statische nicht-unterbrechende Prioritäten	190
16.2	Polling	193
16.3	„Processor-Sharing“-Disziplin	194
	Literatur	199
17	GI/M/1-System	201
	Literatur	208
18	In Teil II verwendete Symbole	209
 Teil III Network Calculus		
19	Einführung in den Network Calculus	215
	Literatur	221
20	Deterministischer Network Calculus	223
20.1	Verkettung von Knoten	226
20.1.1	Addition der Werte der Einzelschranken	227
20.1.2	Berechnung auf Basis der Service Curve S_{Netz}	227
	Literatur	228

21 Stochastischer Network Calculus 229

21.1 Effective Envelope und deterministischer Bedienprozess 232

21.2 Stochastischer Network Calculus und effektive Bandbreite 234

21.3 Stochastischer Network Calculus mit effektiver Bandbreite und effektiver
Kapazität: Schranken für Einzelknoten 239

21.3.1 Berechnung von Schranken 239

21.3.2 Multiplexgewinn 245

21.3.3 Anwendung auf Rufannahmeszenarien 247

21.4 Stochastischer Network Calculus mit effektiver Bandbreite und effektiver
Kapazität: Verkettung von Knoten 250

21.4.1 Berechnung von Schranken 250

21.4.2 Anwendung auf Rufannahmeszenarien 259

Literatur 262

22 In Teil III verwendete Symbole 263

Teil IV Anhang

23 Mathematische Grundlagen 267

23.1 Kürzeste-Wege-Algorithmen 267

23.1.1 Dijkstra-Algorithmus 267

23.1.2 *K*-Kürzeste-Wege-Algorithmus 268

23.2 Elementare Wahrscheinlichkeitstheorie 270

23.2.1 Zufallsvariable und Verteilungen 272

23.2.2 Verallgemeinerung auf zwei Zufallsvariablen 273

23.3 Zufallsvariable und ihre Verteilungen 276

23.3.1 Diskrete Zufallsvariablen 276

23.3.2 Kontinuierliche Zufallsvariablen 278

23.3.3 Zusammenhang zwischen Binomialverteilung, Poisson-Verteilung
und Normalverteilung 280

23.4 Transformationsmethoden 281

23.4.1 Erzeugende Funktion 281

23.4.2 Laplace-Transformation 282

23.5 Chernoff-Schranke 283

23.6 Effektive Bandbreite und effektive Kapazität 284

23.6.1 Effektive Bandbreite (effective bandwidth) 284

23.6.2 Effektive Kapazität (effective capacity) 286

Literatur 287

Inhaltsverzeichnis	XIII
24 Übungsaufgaben	289
24.1 Teil I	289
24.2 Teil II	291
24.3 Teil III	295
Literatur	297
Sachverzeichnis	299