

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	33
Teil I: Einführung in das Internetworking	37
1 Grundlagen des Internetworking	39
1.1 Was ist ein Internetwork?	39
1.1.1 Die Geschichte des Internetworking	40
1.1.2 Die Herausforderungen des Internetworking	41
1.2 Das Open System Interconnection-Referenzmodell	42
1.2.1 Eigenschaften der OSI-Schichten	43
1.2.2 Protokolle	44
1.2.3 Das OSI-Modell und die Kommunikation zwischen Systemen	45
1.2.4 Interaktion zwischen den Schichten des OSI-Modells	45
1.2.5 Dienste der OSI-Schichten	46
1.2.6 Schichten des OSI-Modells und der Datenaustausch	47
1.2.7 Die physikalische Schicht des OSI-Modells	49
1.2.8 Die Verbindungsschicht des OSI-Modells	50
1.2.9 Die Vermittlungsschicht des OSI-Modells	51
1.2.10 Die Transportschicht des OSI-Modells	51
1.2.11 Die Kommunikationsschicht des OSI-Modells	51
1.2.12 Die Darstellungsschicht des OSI-Modells	52
1.2.13 Die Anwendungsschicht des OSI-Modells	53
1.3 Datenformate	53
1.4 Die ISO-Hierarchie von Netzwerken	55
1.5 Verbindungsorientierte und verbindungslose Netzwerk-Dienste	56
1.6 Adressierung im Internetwork	57
1.6.1 Verbindungsschicht	58
1.6.2 MAC-Adressen	58
1.6.3 Adressabbildung	60

6 Handbuch Netzwerktechnologien

1.6.4	Adressen der Vermittlungsschicht	61
1.6.5	Hierarchischer oder ebener Adressraum	62
1.6.6	Adresszuordnung	63
1.6.7	Adressen oder Namen	64
1.7	Grundlagen der Flusssteuerung	64
1.8	Grundlagen der Fehlerprüfung	65
1.9	Grundlagen des Multiplexing	65
1.10	Organisationen für Standardisierung	67
1.11	Zusammenfassung	68
1.12	Fragen zum Kapitel	68
1.13	Weiterführende Informationen	69
2	Einführung in die LAN-Protokolle	71
2.1	Was ist ein LAN?	71
2.2	LAN-Protokolle und das OSI-Referenzmodell	72
2.3	Medium-Zugriffsmethoden im LAN	72
2.4	Übertragungsverfahren im LAN	74
2.5	LAN-Topologien	75
2.6	LAN-Geräte	77
2.7	Fragen zum Kapitel	79
2.8	Weiterführende Informationen	79
3	Einführung in die WAN-Technologien	81
3.1	Was ist ein WAN?	81
3.2	Punkt-zu-Punkt-Verbindungen	82
3.3	Leitungsvermittlung	83
3.4	Paketvermittlung	84
3.5	Virtuelle Verbindungen im WAN	84
3.6	WAN-Einwahldienste	85
3.7	WAN-Geräte	86
3.7.1	WAN-Switch	86
3.7.2	Zugriffsserver	86
3.7.3	Modem	87
3.7.4	CSU/DSU	87
3.7.5	ISDN-Terminal-Adapter	88
3.8	Fragen zum Kapitel	89
3.9	Weiterführende Informationen	89

4 Grundlagen des Bridging und Switching	91
4.1 Was sind Bridges und Switches?	91
4.2 Überblick zu den Geräten der Verbindungsschicht	92
4.3 Bridge-Typen	93
4.4 Switch-Typen	96
4.4.1 ATM-Switch	96
4.4.2 LAN-Switch	97
4.5 Fragen zum Kapitel	98
4.6 Weiterführende Informationen	99
5 Grundlagen des Routing	101
5.1 Was ist Routing?	101
5.2 Komponenten des Routing	102
5.2.1 Pfadermittlung	102
5.2.2 Switching	103
5.3 Routing-Algorithmen	105
5.3.1 Entwicklungsziele	105
5.3.2 Algorithmusarten	107
5.3.3 Routing-Messparameter	110
5.4 Netzwerk-Protokolle	112
5.5 Fragen zum Kapitel	112
6 Grundlagen des Netzwerk-Managements	115
6.1 Was ist Netzwerk-Management?	115
6.1.1 Ein geschichtlicher Rückblick	115
6.2 Netzwerk-Management-Architektur	116
6.3 ISO-Netzwerk-Management-Modell	117
6.3.1 Performance-Management	117
6.3.2 Konfigurations-Management	118
6.3.3 Accounting-Management	119
6.3.4 Fehler-Management	119
6.3.5 Sicherheits-Management	119
6.4 Fragen zum Kapitel	120

Teil II: LAN-Protokolle	123
7 Ethernet-Technologien	125
7.1 Hintergrund	125
7.2 Ethernet – ein kurzer Rückblick	125
7.3 Ethernet-Netzwerk-Elemente	126
7.4 Ethernet-Netzwerk-Topologien und -Strukturen	127
7.5 Die logische Beziehung zwischen IEEE 802.3 und dem OSI-Referenzmodell	128
7.6 Die Ethernet-MAC-Subschicht	131
7.6.1 Das grundlegende Ethernet-Frame-Format	131
7.6.2 Frame-Übermittlung	133
7.6.3 Frame-Empfang	139
7.6.4 Die VLAN-Markierungs-Option	139
7.7 Die physikalischen Schichten des Ethernet	140
7.7.1 Kodierung für die Signal-Übertragung	141
7.7.2 Die Beziehung zwischen der physikalischen Schicht von 802.3 und dem OSI-Referenzmodell	144
7.7.3 10 MBit/s Ethernet – 10Base-T	145
7.7.4 100 MBit/s – Fast Ethernet	146
7.7.5 1000 MBit/s – Gigabit Ethernet	153
7.7.6 Netzwerk-Verkabelung – Erfordernis der Link-Überkreuzung	158
7.8 Systemüberlegungen	159
7.8.1 Auswahl von UTP-basierten Komponenten und Medien-Kategorien	160
7.8.2 Autonegotiation – eine optionale Methode für die automatische Wahl des Betriebsmodus für den Link	161
7.8.3 Netzwerk-Switches bieten eine zweite, und oft bessere, Alternative zu höheren Link-Geschwindigkeiten bei CSMA/CD-Netzwerk-Upgrades	163
7.8.4 Mehrgeschwindigkeits-NICs	165
7.8.5 Auswahl von 1000Base-X-Komponenten und Medien	165
7.8.6 Mehrfachraten-Ethernet-Netzwerke	166
7.8.7 Link-Bündelung – Einsatz von Netzwerk-Strängen mit höherer Geschwindigkeit	168
7.8.8 Netzwerk-Management	169
7.8.9 Migration zu Netzwerken mit höherer Geschwindigkeit	170
7.9 Zusammenfassung	170
7.10 Fragen zum Kapitel	172

8 Fiber Distributed Data Interface (FDDI)	175
8.1 Hintergrund	175
8.1.1 Standards	176
8.2 FDDI-Übertragungsmedium	176
8.3 FDDI-Spezifikationen	178
8.4 FDDI-Station-Attachment-Typen	179
8.5 FDDI-Fehlertoleranz	181
8.5.1 Doppelring	181
8.5.2 Optischer Bypass-Switch	183
8.5.3 Dual-Homing	184
8.6 FDDI-Frame-Format	185
8.6.1 FDDI-Frame-Felder	185
8.7 Copper-Distributed Data Interface (CDDI)	186
8.8 Zusammenfassung	187
8.9 Fragen zum Kapitel	187
9 Token-Ring/IEEE 802.5	189
9.1 Hintergrund	189
9.2 Physikalische Verbindungen	189
9.3 Betrieb eines Token-Ring	190
9.4 Prioritäten-System	192
9.5 Mechanismen des Ausfall-Managements	192
9.6 Frame-Format	193
9.6.1 Felder des Token-Frames	193
9.6.2 Felder des Daten-/Befehls-Frames	194
9.7 Zusammenfassung	195
9.8 Fragen zum Kapitel	195
Teil III: WAN-Technologien	197
10 Frame Relay	199
10.1 Hintergrund	199
10.1.1 Frame-Relay-Standardisierung	200
10.2 Frame-Relay-Geräte	200
10.3 Frame Relay Virtual Circuits	202
10.3.1 Switched Virtual Circuits (SVC/GVV)	202
10.3.2 Permanent Virtual Circuits (PVC/FVV)	203
10.3.3 Data-Link Connection Identifier (DLCI)	203

10.4	Congestion-Control-Mechanismen	204
10.4.1	Frame Relay Discard Eligibility (DE)	205
10.4.2	Frame-Relay-Fehlererkennung	205
10.5	Frame Relay Local Management Interface (LMI)	205
10.6	Frame-Relay-Netzwerk-Implementation	206
10.6.1	Öffentliche Netzwerke	207
10.6.2	Private Unternehmensnetze	208
10.7	Frame-Formate des Frame Relay	208
10.7.1	Standard-Frame des Frame Relay	208
10.7.2	LMI-Frame-Format	210
10.8	Zusammenfassung	211
10.9	Fragen zum Kapitel	212
11	High-Speed Serial Interface	215
11.1	Hintergrund	215
11.2	Grundlagen zum HSSI	215
11.3	HSSI-Betrieb	216
11.3.1	Rückkopplungstests	217
11.4	Zusammenfassung	217
11.5	Fragen zum Kapitel	218
12	Integrated Services Digital Network (ISDN)	221
12.1	Hintergrund	221
12.2	ISDN-Komponenten	221
12.3	Dienste	223
12.3.1	ISDN-BRI-Dienst	223
12.3.2	ISDN-PRI-Dienst	224
12.4	ISDN-Spezifikationen	224
12.4.1	Schicht 1	224
12.4.2	Schicht 2	225
12.4.3	Schicht 3	226
12.5	Zusammenfassung	228
12.6	Fragen zum Kapitel	229
13	Point-to-Point Protocol	231
13.1	Hintergrund	231
13.2	PPP-Komponenten	231
13.3	Das Verfahren	232
13.4	Anforderungen der physikalischen Schicht	232

13.5	PPP-Verbindungsschicht	232
13.5.1	PPP-Verbindungssteuerungs-Protokoll	234
13.6	Zusammenfassung	234
13.7	Fragen zum Kapitel	235
14	Switched Multimegabit Data Service (SMDS)	237
14.1	Hintergrund	237
14.2	SMDS-Netzwerk-Komponenten	237
14.3	SMDS Interface Protocol (SIP)	238
14.3.1	SIP-Stufen	239
14.4	Distributed Queue Dual Bus (DQDB)	240
14.5	SMDS-Zugriffsklassen	242
14.6	Überblick zur SMDS-Adressierung	242
14.7	SMDS-Referenz: SIP-Stufe-3-PDU-Format	243
14.8	SMDS-Referenz: SIP-Stufe-2-Zellformat	245
14.9	Zusammenfassung	246
14.10	Fragen zum Kapitel	247
15	Dial-Up-Technik	249
15.1	Einführung	249
15.2	Hintergrund der Dial-Up-Technik	249
15.3	Dial-Up-Verbindungstechnik	251
15.3.1	Öffentliche Telefonnetze	251
15.3.2	Basic Rate Interface	252
15.3.3	T1/E1	252
15.3.4	Primary Rate Interface	253
15.3.5	Channel Associated Signaling	253
15.3.6	Modems	254
15.3.7	PPP	256
15.3.8	Erweiterungen	258
15.3.9	AAA	259
15.4	Dial-Up-Methoden	260
15.4.1	Was ist ein Dialer?	260
15.4.2	Interessanter Traffic	261
15.5	Vor- und Nachteile	261
15.6	Zusammenfassung	262
15.7	Fragen zum Kapitel	264
15.8	Weiterführende Informationen	265

12 Handbuch Netzwerktechnologien

16 Synchronous Data-Link Control und Derivate	267
16.1 Hintergrund	267
16.2 SDLC-Typen und Topologien	267
16.3 SDLC-Frame-Format	268
16.4 Abgeleitete Protokolle	271
16.4.1 High-Level Data-Link Control (HDLC)	271
16.4.2 Link-Access Procedure, Balanced (LAPB)	272
16.4.3 IEEE 802.2	272
16.4.4 Qualified Logical-Link Control (QLLC)	273
16.5 Zusammenfassung	274
16.6 Fragen zum Kapitel	275
17 X.25	277
17.1 Hintergrund	277
17.2 X.25-Geräte und -Protokollfunktion	277
17.2.1 Packet Assembler/Disassembler (PAD)	278
17.2.2 X.25-Sitzung einrichten	279
17.2.3 Virtuelle Verbindungen bei X.25	279
17.3 X.25-Protokolle	281
17.3.1 Packet Layer Protocol (PLP)	281
17.3.2 Link-Access Procedure, Balanced (LAPB)	283
17.3.3 X.21bis-Protokoll	283
17.4 LAPB-Frame-Format	284
17.5 X.121-Adress-Format	285
17.6 Zusammenfassung	286
17.7 Fragen zum Kapitel	287
18 Virtual Private Networks	289
18.1 Hintergrund	289
18.2 Layer-2 Tunneling Protocol	289
18.3 Der Betrieb	290
18.3.1 Implementierung verschiedener Topologien	290
18.4 Zusätzliche Sicherheit	291
18.5 Zusammenfassung	291
18.6 Fragen zum Kapitel	292
18.7 Weiterführende Informationen	292

Teil IV: Multiservice Access-Techniken	295
19 Techniken für Sprach/Daten-Integration	297
19.1 Einführung	297
19.1.1 Standards	297
19.1.2 Technik	298
19.1.3 Arbeitsweise der Daten-Netzwerke	298
19.1.4 Kostenersparnis	299
19.2 Vorteile der resultierenden Anwendungen	300
19.3 Sprach-Netzwerke	302
19.3.1 Grundlagen der Telefonie	303
19.4 Voice over ATM	305
19.4.1 Signalisierung bei VoATM	306
19.4.2 VoATM-Adressierung	308
19.4.3 VoATM-Routing	308
19.4.4 VoATM-Verzögerung	309
19.5 Voice over Frame Relay	309
19.5.1 VoFR-Signalisierung	309
19.5.2 VoFR-Adressierung	309
19.6 Voice over IP	311
19.6.1 Überblick über die Sprach-Codecs	311
19.6.2 Beschränkungen bei der Netzwerkplanung für VoIP	314
19.7 Quality of Service für VoIP	320
19.7.1 H.323 im Überblick	321
19.7.2 H.323-Anrufablauf und Protokollinteraktion	324
19.8 MGCP im Überblick	325
19.8.1 MGCP-Konzepte	325
19.8.2 Vorteile von MGCP	326
19.8.3 MGCP-Protokolldefinitionen	326
19.9 Allgemeine SIP-Einführung	328
19.9.1 SIP-Nachrichten	330
19.9.2 SIP-Adressierung	330
19.9.3 SIP-Anrufablauf	331
19.10 Die verschiedenen Signalisierungsverfahren für VoIP im Vergleich	331
19.11 Entwicklung der VOD-Lösung	332
19.11.1 Künftige Telefonanwendungen	334
19.11.2 Anreize für paketbasierte Telefonlösungen	335

19.12	Zusammenfassung	336
19.13	Fragen zum Kapitel	337
19.14	Weiterführende Informationen	337
20	Drahtlose Übertragungstechniken	339
20.1	Arten drahtloser Techniken	339
20.1.1	Basisstation	340
20.2	Einführung in QAM	340
20.2.1	Signaltechniken zur Verringerung von Multipath (Mehrwege)	342
20.2.2	QAM mit DFE	342
20.3	Spread Spectrum (Verteiltes Spektrum)	343
20.3.1	DSSS	344
20.3.2	FHSS	344
20.3.3	FDM	345
20.3.4	OFDM	345
20.3.5	VOFDM	346
20.4	Vorteile von drahtlosen Lösungen	347
20.5	Erdkrümmungsberechnung für Sichtlinien-Systeme	348
20.6	Überwindung des Multipath in Nicht-Sichtlinien-Hochgeschwindigkeitssystemen	349
20.6.1	Mikrowellen-Kommunikations-Links	349
20.6.2	Was ist Multipath?	350
20.6.3	Multipath in Nicht-LOS-Umgebungen	352
20.7	Elemente einer ganzheitlichen Netzwerk-Lösung	353
20.7.1	Premises Networks	353
20.7.2	Access Networks	354
20.7.3	Core Networks	354
20.7.4	Netzwerk-Management	354
20.7.5	Einsatz	355
20.7.6	Abrechnung und Management von drahtlosen Systemen	356
20.8	Beispielhafte Implementierung	357
20.8.1	Vorteile drahtloser IP-Systeme	357
20.9	Drahtlose IP-Dienste für kleine und mittlere Unternehmen	359
20.9.1	IP Point to Multipoint-Architektur	360
20.9.2	Offene IP Wireless-Standards	363
20.9.3	IP Vector Orthogonal Frequency-Division Multiplexing	364

20.10	Mehrfacher Zugang und Fehlerkontroll-Schemata	365
20.10.1	Kanal-Datenrate	365
20.10.2	Zuordnung der Up- und Downstream-Bandbreite	365
20.10.3	Duplex-Techniken	365
20.10.4	Techniken für mehrfachen Zugang	366
20.10.5	Frame- und Slot-Format	369
20.10.6	Synchronisationstechnik (Frame und Slot)	369
20.10.7	Durchschnittliche Verzögerung über Links	370
20.10.8	Leistungssteuerung	370
20.10.9	Zugangskontrolle	371
20.10.10	Anforderungen an den Radius der Zelle	371
20.10.11	Voraussetzung für Frequenzwiederverwendung (Frequency Reuse)	372
20.10.12	Funk-Ressourcenverwaltung	373
20.10.13	Interface-Spezifikationen auf Basis des allgemeinen Referenzmodells	375
20.11	Systeme zur Messung der Systemleistung (System Performance Metrics)	378
20.11.1	Superzellen-Netzwerk-Design	379
20.11.2	Transport Layer-Produkte	380
20.11.3	P2MP Transport-Elemente – Kundenseite	381
20.11.4	Dacheinheit	381
20.11.5	Grundempfänger	381
20.11.6	Empfänger mit großer Verstärkung	382
20.11.7	LMDS-Umgebungsüberlegungen	382
20.12	Vergleich der WLAN-Standards	383
20.13	Zusammenfassung	384
20.14	Fragen zum Kapitel	385
20.15	Weiterführende Informationen	385
21	Digital Subscriber Line	391
21.1	Einführung	391
21.2	Asymmetric Digital Subscriber Line	391
21.2.1	ADSL-Grundlagen	392
21.2.2	ADSL-Technik	394
21.3	Signalisierung und Modulation	396
21.3.1	CAP und DMT-moduliertes ADSL	396
21.3.2	ADSL-Standards	398
21.4	Zusätzliche DSL-Techniken	398

21.4.1	SDSL	398
21.4.2	HDSL	399
21.4.3	HDSL-2	399
21.4.4	G.SHDSL	400
21.4.5	ISDN Digital Subscriber Line	400
21.4.6	VDSL	400
21.5	Zusammenfassung	401
21.6	Fragen zum Kapitel	402
21.7	Weiterführende Informationen	403
22	Kabelzugangs-Technik	405
22.1	Einführung	405
22.2	Entwicklung vom unidirektionalen Broadcast zum bidirektionalen Hybrid Faser Coax	406
22.3	Begrenzungen und Spezifikationen des HFC Baumes	408
22.4	DOCSIS-Standards, Signalisierungsprotokolle und Anwendungen	411
22.5	Einsatz von DOCSIS-Hardware und die sich ergebenden Dienste	417
22.6	Künftige DOCSIS-Anwendungen	421
22.7	Zusammenfassung	422
22.8	Fragen zum Kapitel	422
22.9	Weiterführende Informationen	423
Teil V: Bridging und Switching		425
23	Transparent-Bridging	427
23.1	Grundlagen	427
23.2	Transparent-Bridging-Betrieb	427
23.2.1	Bridging-Loops	428
23.2.2	Spanning-Tree-Algorithmus (STA)	429
23.3	Frames-Format	433
23.4	Fragen zum Kapitel	434
23.5	Weiterführende Informationen	435
24	Mixed-Media-Bridging	437
24.1	Grundlagen	437
24.2	Übertragungsanforderungen	437
24.3	Translational-Bridging	439

24.4	Source-Route-Transparent-Bridging	443
24.5	Fragen zum Kapitel	444
24.6	Weiterführende Informationen	445
25	Source-Route-Bridging (SRB)	447
25.1	Grundlagen	447
25.2	SRB-Algorithmus	447
25.3	Frame-Format	449
25.3.1	Routing-Control-Feld	450
25.3.2	Routing-Designator-Felder	451
25.4	Fragen zum Kapitel	451
25.5	Weiterführende Informationen	453
26	LAN-Switching und VLANs	455
26.1	Grundlagen	455
26.1.1	Zur Geschichte	456
26.2	Einsatz von LAN-Switches	456
26.2.1	Definition von VLANs	457
26.2.2	Switch-Port-Modi	458
26.2.3	Vermittlung beim LAN-Switching	459
26.2.4	Bandbreite des LAN-Switching	460
26.3	LAN-Switch und das OSI-Modell	460
26.4	Fragen zum Kapitel	461
26.5	Weiterführende Informationen	463
27	Asynchronous Transfer Mode (ATM)	465
27.1	Grundlagen	465
27.1.1	Standards	465
27.2	ATM-Geräte und Netzwerkumgebungen	466
27.2.1	ATM-Zellen-Basisformat	466
27.2.2	ATM-Geräte	467
27.2.3	ATM-Netzwerkschnittstellen	468
27.3	ATM-Zellenkopf-Format	468
27.3.1	Felder im ATM-Zellenkopf	469
27.4	ATM-Dienste	470
27.4.1	ATM Virtual Connections	471
27.5	ATM-Switch-Betrieb	471
27.6	ATM-Referenzmodell	472
27.6.1	ATM, Physikalische Schicht	473

27.6.2	ATM-Anpassungsschichten: AAL1	474
27.6.3	ATM-Anpassungsschichten: AAL2	474
27.6.4	ATM-Anpassungsschichten: AAL3/4	475
27.6.5	ATM-Anpassungsschicht: AAL5	476
27.7	ATM-Adressierung	476
27.7.1	Sub-Netzwerk-Modell der Adressierung	477
27.7.2	NSAP-Format-ATM-Adresse	477
27.7.3	ATM-Adressfelder	479
27.8	ATM-Verbindungen	479
27.9	ATM und Multicasting	480
27.10	ATM Quality of Service (QoS)	481
27.11	ATM-Signalisierung und Verbindungsaufbau	482
27.11.1	ATM-Verbindungsaufbau	482
27.11.2	Routing und Verhandlung der Verbindungsanforderung	483
27.12	ATM-Meldungen für die Verbindungsverwaltung	483
27.13	PNNI	484
27.14	Integriertes lokales Management-Interface	484
27.15	LAN-Emulation (LANE)	485
27.15.1	LANE-Protokoll-Architektur	486
27.15.2	Bestandteile des LANE	488
27.15.3	Verbindungsarten der LAN-Emulation	489
27.15.4	LANE im Betrieb	491
27.16	Multiprotocol over ATM	493
27.17	Fragen zum Kapitel	495
27.18	Weiterführende Informationen	497
28	MPLS/Tag-Switching	499
28.1	Hintergrund	499
28.2	MPLS und Tag-Switching	500
28.3	MPLS Operationen	501
28.4	MPLS/Tag-Switching-Architektur	502
28.4.1	Forwarding-Komponente	503
28.4.2	Control-Komponente	504
28.5	Hierarchisches Routing	505
28.6	Multicast-Routing	506
28.7	Label-Switching mit ATM	506
28.8	Quality of Service und Traffic Engineering	507
28.9	Fragen zum Kapitel	508
28.10	Weiterführende Informationen	509

29 Data-Link-Switching	511
29.1 Grundlagen	511
29.2 DLSw im Vergleich mit Source-Route-Bridging	512
29.3 DLSw-SNA-Unterstützung	515
29.4 DLSw-Switch-to-Switch Protocol (SSP)	516
29.5 DLSw-Betrieb	516
29.5.1 DLSw-Prozesse	517
29.6 DLSw-Meldungsformate	521
29.7 Fragen zum Kapitel	526
Teil VI: Netzwerk-Protokolle	529
30 Protokolle der Open System Interconnection (OSI)	531
30.1 Hintergrund	531
30.2 OSI-Netzwerkprotokolle	531
30.2.1 Physikalische Bitübertragungsschicht und Datensicherungsschicht von OSI	532
30.2.2 OSI-Netzwerkschicht	532
30.2.3 OSI-Protokolle für die Transportschicht	536
30.2.4 OSI-Protokolle für die Kommunikationsschicht	537
30.2.5 OSI-Protokolle für die Darstellungsschicht	539
30.2.6 OSI-Protokolle für die Anwendungsschicht	539
30.3 Fragen zum Kapitel	542
31 Internet-Protokolle	545
31.1 Hintergrund	545
31.2 Internet-Protokoll (IP)	546
31.2.1 Das Format des IP-Pakets	547
31.2.2 IP-Adressierung	548
31.2.3 IP-Adressklassen	549
31.3 Address-Resolution Protocol (ARP) im Überblick	556
31.4 Internet-Routing	556
31.4.1 IP-Routing	557
31.5 Internet Control-Message Protocol (ICMP)	557
31.5.1 ICMP-Nachrichten	558
31.5.2 ICMP Router-Discovery Protocol (IDRP)	559
31.6 Transmission-Control Protocol (TCP)	559
31.6.1 TCP-Verbindungsaufbau	560
31.6.2 Positive Acknowledgement And Retransmission (PAR)	561

31.6.3	TCP Sliding Window	561
31.6.4	TCP-Paketformat	562
31.6.5	Beschreibung der TCP-Paketfelder	562
31.7	User Datagram Protocol (UDP)	563
31.8	Die Anwendungsschichtprotokolle der Internet-Protokolle	564
31.9	Zusammenfassung	565
31.10	Fragen zum Kapitel	566
32 IPv6		569
32.1	Beschreibung des IPv6-Paket-Headers	570
32.2	Hexadezimal »Hex«	570
32.3	Beschreibung der Adressierung	570
32.4	Broadcast-Verfahren	571
32.4.1	Unicast	571
32.4.2	Multicast	572
32.4.3	Anycast	572
32.5	Zusammenfassung	573
32.6	Fragen zum Kapitel	574
32.7	Weiterführende Informationen	575
33 Xerox Network Systems (XNS)		577
33.1	Hintergrund	577
33.2	Übersicht über die XNS-Hierarchie	577
33.3	Medienzugriff	578
33.4	Netzwerkschicht	579
33.5	Transportschicht	581
33.6	Protokolle übergeordneter Schichten	582
33.7	Zusammenfassung	582
33.8	Fragen zum Kapitel	582
34 NetWare-Protokolle		585
34.1	Hintergrund	585
34.2	NetWare-Medienzugriff	586
34.3	Internetwork Packet Exchange (IPX) im Überblick	587
34.4	IPX-Kapselungsarten	587
34.5	Service-Advertisement Protocol (SAP)	588
34.5.1	SAP-Filter	589
34.6	NetWare-Transportschicht	589

34.7	NetWare-Protokolle und Dienste der oberen Schichten	590
34.7.1	NetWare-Dienste der Anwendungsschicht	590
34.8	IPX-Paketformat	591
34.9	Zusammenfassung	592
34.10	Fragen zum Kapitel	593
35	AppleTalk	595
35.1	Hintergrund	595
35.2	AppleTalk-Netzwerk-Komponenten	596
35.2.1	Sockets	597
35.2.2	Knoten	597
35.2.3	Netzwerke	598
35.2.4	Zonen	599
35.3	Bitübertragungs- und Sicherungsschichten von AppleTalk	600
35.3.1	EtherTalk	601
35.3.2	LocalTalk	602
35.3.3	TokenTalk	603
35.3.4	FDDITalk	604
35.4	Netzwerk-Adressen	605
35.4.1	Zuweisung von Netzwerk-Adressen	606
35.5	AppleTalk Address-Resolution Protocol (AARP)	607
35.5.1	Address-Mapping Table	607
35.5.2	Address-Gleaning	608
35.5.3	AARP-Operation	608
35.6	Datagram-Delivery Protocol (DDP) im Überblick	609
35.6.1	DDP-Übertragungsverfahren	609
35.7	AppleTalk-Transportschicht	610
35.7.1	Routing-Table Maintenance Protocol (RTMP) im Überblick	610
35.7.2	Name-Binding Protocol (NBP) im Überblick	612
35.7.3	AppleTalk Update-Based Routing Protocol (AURP)	613
35.7.4	AppleTalk Transaction Protocol (ATP)	614
35.7.5	AppleTalk Echo Protocol (AEP)	615
35.8	AppleTalk-Protokolle der oberen Schichten	616
35.8.1	AppleTalk Data-Stream Protocol (ADSP)	617
35.8.2	Zone-Information Protocol (ZIP)	617
35.8.3	AppleTalk Session Protocol (ASP)	618
35.8.4	Printer-Access Protocol (PAP) im Überblick	618

35.8.5	AppleTalk Filing Protocol (AFP)	618
35.9	AppleTalk-Protokollreihe	618
35.9.1	Format von DDP-Paketen	619
35.10	Zusammenfassung	620
35.11	Fragen zum Kapitel	621
35.12	Weiterführende Informationen	621
36	Banyan VINES	623
36.1	Hintergrund	623
36.2	Medienzugriff	624
36.3	Netzwerkschicht	624
36.3.1	VINES Internetwork Protocol (VIP)	624
36.3.2	Routing Table Protocol (RTP)	629
36.3.3	Address Resolution Protocol (ARP)	630
36.3.4	Internet Control Protocol (ICP)	630
36.4	Transportschicht	631
36.5	Protokolle übergeordneter Schichten	631
36.6	Zusammenfassung	631
36.7	Weiterführende Informationen	631
37	IBM Systems Network Architecture (SNA)-Protokolle	633
37.1	Hintergrund	633
37.2	Traditionelle SNA-Umgebungen	634
37.2.1	IBM-SNA-Architektur	634
37.2.2	Physikalische Entitäten von IBM SNA	635
37.2.3	Datenübermittlungssteuerung von IBM SNA	636
37.2.4	IBM Network-Addressable Units (NAUs)	638
37.2.5	IBM SNA-Knoten	639
37.3	IBM Peer-to-Peer-Netzwerke	640
37.3.1	APPN-Komponenten	640
37.3.2	Knotenarten von IBM APPN	641
37.3.3	IBM APPN-Dienste	642
37.4	Das Format der Basic Information Unit (BIU)	646
37.4.1	Die Felder der BIU	647
37.5	Das Format der Path Information Unit (PIU)	648
37.5.1	Die Felder der PIU	648
37.6	Zusammenfassung	650
37.7	Fragen zum Kapitel	650
37.8	Weiterführende Informationen	651

38 DECnet	653
38.1 Hintergrund	653
38.2 DECnet Phase IV Digital Network Architecture (DNA)	654
38.2.1 Die Schichten von Phase-IV-DNA	655
38.2.2 Phase-IV-DECnet-Adressierung	656
38.3 DECnet/OSI Digital Network Architecture (DNA)	657
38.3.1 DECnet/OSI-DNA-Implementierungen	657
38.4 DECnet-Medienzugriff	658
38.5 DECnet-Routing	659
38.6 DECnet-Endkommunikationsschicht	660
38.6.1 Network-Services Protocol	660
38.7 DECnet/OSI-Transportschicht	660
38.8 Die oberen Schichten von DECnet Phase IV	661
38.8.1 Benutzerschicht	661
38.8.2 Netzwerk-Managementschicht	661
38.8.3 Netzwerk-Anwendungsschicht	662
38.8.4 Verbindungskontrollschicht	662
38.9 Die oberen Schichten von DECnet/OSI	662
38.9.1 Anwendungsschicht	663
38.9.2 Darstellungsschicht	663
38.9.3 Verbindungskontrollschicht	663
38.10 Zusammenfassung	664
38.11 Fragen zum Kapitel	665
Teil VII: Routing-Protokolle	667
39 Border Gateway Protocol (BGP)	669
39.1 Hintergrund	669
39.2 BGP-Attribute	670
39.2.1 Das Weight-Attribut	671
39.2.2 Das Local Preference-Attribut	671
39.2.3 Das Multi-Exit Discriminator-Attribut	672
39.2.4 Das Origin-Attribut	673
39.2.5 Das AS_Path-Attribut	673
39.2.6 Das Next-Hop-Attribut	674
39.2.7 Das Community-Attribut	675
39.3 BGP-Pfadauswahl	677
39.4 Fragen zum Kapitel	678
39.5 Weiterführende Informationen	679

24 Handbuch Netzwerktechnologien

40 Enhanced IGRP	681
40.1 Hintergrund	681
40.2 Fähigkeiten und Attribute von Enhanced IGRP	681
40.3 Zugrunde liegende Prozesse und Techniken	682
40.4 Begriffe zum Routing	684
40.4.1 Nachbartabellen	684
40.4.2 Topologietabellen	684
40.4.3 Routenzustände	685
40.4.4 Routenkennzeichnung	685
40.5 Pakettypen von Enhanced IGRP	686
40.6 Zusammenfassung	687
40.7 Fragen zum Kapitel	687
40.8 Weiterführende Informationen	688
41 IBM Systems Network Architecture (SNA)-Routing	691
41.1 Hintergrund	691
41.2 IBM-SNA-Sitzungsverbindungen	691
41.3 IBM-SNA-Übertragungsgruppen	692
41.4 IBM-SNA – explizite und virtuelle Routen	693
41.5 IBM-SNA-Dienstklassen	693
41.5.1 Dienstklassen beim Subarea-Routing	694
41.5.2 Dienstklassen beim APPN-Routing	695
41.6 IBM SNA – Subarea-Routing	696
41.7 IBM Advanced Peer-to-Peer Networking (APPN)-Routing	698
41.7.1 IBM APPN – Node Type 2.1 Routing	699
41.7.2 IBM APPN – DLUR/S-Routing	701
41.7.3 IBM-APPN-Verbindungsnetzwerk	701
41.7.4 IBM APPN – Übergangsknoten	702
41.8 Fragen zum Kapitel	703
42 Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)	705
42.1 Hintergrund	705
42.2 Eigenschaften von IGRP	706
42.2.1 Stabilitätsmerkmale	707
42.2.2 Timer	708
42.3 Zusammenfassung	709
42.4 Fragen zum Kapitel	709
42.5 Weiterführende Informationen	709

43 Internet Protocol (IP) Multicast	711
43.1 Hintergrund	711
43.2 Konzept der Multicast-Gruppen	711
43.3 IP Multicast-Adressen	712
43.3.1 IP Class-D-Adressen	712
43.3.2 Reservierte Adressen lokaler Links	713
43.3.3 Adressen mit globalem Geltungsbereich	713
43.3.4 Adressen mit begrenztem Geltungsbereich	713
43.3.5 Glop-Adressierung	714
43.3.6 Layer-2 Multicast-Adressen	714
43.3.7 Abbildung der Ethernet MAC-Adressen	715
43.4 Internet Group Management Protocol	716
43.4.1 IGMP Version 1	716
43.4.2 IGMP Version 2	716
43.5 Multicast in Layer-2-geswitchten Umgebungen	717
43.5.1 Cisco Group Management Protocol	717
43.5.2 IGMP-Snooping	718
43.6 Multicast Distribution Trees	719
43.6.1 Source Trees	719
43.6.2 Shared Trees	720
43.7 Multicast-Weiterleitung	721
43.7.1 Reverse Path Forwarding	722
43.8 Protocol-Independent Multicast	723
43.8.1 PIM Dense Modus	723
43.8.2 PIM Sparse Modus	724
43.8.3 Sparse-Dense Modus	724
43.9 Multiprotocol Border Gateway Protocol	725
43.10 Multicast Source Discovery Protocol	726
43.10.1 Anycast RP – Logical RP	727
43.10.2 Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol	728
43.10.3 Multicast-Scope Zone Announcement Protocol	728
43.10.4 Reliable Multicast – Pragmatic General Multicast	728
43.11 Fragen zum Kapitel	729
43.12 Weiterführende Informationen	730
44 NetWare Link Services Protocol (NLSP)	733
44.1 Hintergrund	733
44.2 NLSP – hierarchisches Routing	734
44.2.1 Leistungen des hierarchischen Routing	735

44.2.2	NLSP – angrenzende Umgebung	735
44.2.3	Hello-Pakete im LAN verschicken	737
44.3	NLSP – Vorgehen	737
44.4	NLSP – hierarchische Adressierung	738
44.5	NLSP – Hello-Pakete	739
44.5.1	Hello-Pakete für WANs	739
44.5.2	Hello-Pakete für LANs	741
44.6	Fragen zum Kapitel	743
45	Open Systems Interconnection (OSI) Routing-Protokoll	745
45.1	Hintergrund	745
45.1.1	OSI-Netzwerk-Terminologie	745
45.2	Endsystem-zu-Zwischensystem (ES-IS)	746
45.2.1	ES-IS-Konfiguration	747
45.2.2	ES-IS-Adressierung	747
45.3	Zwischensystem-zu-Zwischensystem (IS-IS)	748
45.3.1	OSI – der Routing-Vorgang	748
45.3.2	IS-IS – Metriken	749
45.4	Integrated IS-IS	751
45.5	Interdomain Routing Protocol (IDRP)	751
45.5.1	IDRP – Terminologie	752
45.5.2	IDRP-Routing	753
45.6	Fragen zum Kapitel	753
46	Open Shortest Path First (OSPF)	755
46.1	Hintergrund	755
46.2	Routing-Hierarchie	756
46.3	SPF-Algorithmus	758
46.4	Paketformat	759
46.5	Weitere Eigenschaften von OSPF	760
46.6	Fragen zum Kapitel	761
47	Routing Information Protocol (RIP)	763
47.1	Hintergrund	763
47.2	Routing-Updates	764
47.3	RIP – Routing-Metrik	764
47.4	RIP – Stabilitätsmerkmale	764
47.5	RIP – Timer	765
47.6	Paketformate	765

47.6.1	Paketformat von RIP	765
47.6.2	Paketformat von RIP 2	766
47.7	Zusammenfassung	768
47.8	Fragen zum Kapitel	768
47.9	Weiterführende Informationen	769
48	Resource Reservation Protocol (RSVP)	771
48.1	Hintergrund	771
48.2	RSVP – Datenströme	771
48.2.1	RSVP – Bearbeitung von Datenströmen	773
48.3	RSVP – Dienstqualität	774
48.4	RSVP – Hochfahren der Sitzung	774
48.5	RSVP – Reservierungsmethode	775
48.5.1	Wildcard-Filter-Methode (WF)	775
48.5.2	Fixed-Filter-Methode (FF)	776
48.5.3	Shared-Explicit-Methode (SE)	776
48.5.4	Folgen der Reservierungsmethoden	776
48.6	RSVP – Soft-State-Implementierung	776
48.7	RSVP – Modell des Ablaufs	777
48.7.1	Allgemeiner Protokollablauf von RSVP	778
48.7.2	RSVP – Tunneln	779
48.8	RSVP – Nachrichten	780
48.8.1	Reservation-Request-Nachrichten	780
48.8.2	Pfadnachrichten	781
48.8.3	Fehler- und Acknowledgement-Nachrichten	781
48.8.4	Abbaunachrichten	782
48.9	RSVP – Paketformat	782
48.9.1	Felder des Nachrichten-Headers für RSVP	783
48.9.2	Objektfelder für RSVP	784
48.10	Zusammenfassung	785
48.11	Fragen zum Kapitel	786
48.12	Weiterführende Informationen	786
49	Quality of Service Networking	789
49.1	Einführung	789
49.2	QoS-Konzepte	790
49.3	Grundlegende QoS-Architektur	791
49.4	QoS-Identifizierung und Markierung	791
49.4.1	Klassifizierung	792

49.5	QoS in einem einzelnen Netzwerk-Element	792
49.5.1	Überlast-Verwaltung	792
49.5.2	Queue-Verwaltung	792
49.5.3	Link-Effizienz	793
49.5.4	Traffic-Formung und Policing	793
49.6	QoS-Verwaltung	794
49.7	End-to-End QoS-Stufen	794
49.8	Klassifizierung – Identifizierung von Flüssen	796
49.8.1	QoS-Policy-Aufstellung mit Policy-Based Routing	796
49.8.2	CAR – IP-Vorrang vergeben	797
49.8.3	NBAR – Dynamische Identifizierung von Flüssen	798
49.9	IP-Vorrang – Differentiated QoS	799
49.10	Tools für die Überlast-Verwaltung	800
49.10.1	FIFO: Grundlegende Store- und Forward-Methoden	801
49.10.2	PQ – Priorisierung von Traffic	801
49.10.3	CQ – Garantierte Bandbreite	802
49.10.4	Flussbasiertes WFQ – Ausgeglichener Umgang mit Datenflüssen	804
49.11	Queue-Verwaltung (Tools zur Vermeidung von Engpässen)	809
49.11.1	WRED – Vermeiden von Engpässen	809
49.11.2	Zusammenarbeit von WRED mit QoS-Signalisierungstechniken	809
49.11.3	Flow RED – RED für TCP inkompatible Datenflüsse	811
49.12	Traffic-Shaping und Policing-Tools	812
49.12.1	CAR – Verwaltung und Anwendung der Bandbreiten-Policy	812
49.12.2	GTS – Steuerung des ausgehenden Traffic-Flusses	813
49.12.3	FRTS – Verwaltung von Frame Relay-Traffic	814
49.13	Link-Effizienz-Mechanismen	815
49.13.1	LFI – Fragmentierung und Interleaving von IP-Traffic	815
49.13.2	RTP-Header-Kompression – Steigerung der Effizienz bei Real-Time-Traffic	816
49.13.3	RSVP – Garantieren von QoS	817
49.14	QoS-Verwaltung	818
49.15	QoS für Ethernet	819
49.16	Multiprotocol Label Switching – Flexible Traffic-Steuerung	820
49.17	QoS-Policy-Steuerung	820

49.18	SNA ToS	821
49.19	QoS für Sprachpakete	821
49.20	QoS für Streaming Video	823
49.21	Zusammenfassung	824
49.21.1	QoS in Zukunft	825
49.22	Fragen zum Kapitel	825
49.23	Weiterführende Informationen	827
50	Simple Multicast Routing Protocol	829
50.1	Hintergrund	829
50.2	SMRP Multicast Transport Services	832
50.2.1	SMRP Multicast-Adressverwaltung	832
50.2.2	SMRP Multicast Transaction Protocol	833
50.2.3	SMRP Node-Management	834
50.2.4	SMRP Multicast-Routen	835
50.2.5	SMRP Multicast-Gruppen-Management	836
50.2.6	Weiterleitung von Multicast-Datagrammen	837
50.2.7	Behandlung von Veränderungen in der Topologie	837
50.3	Beispielhafte SMRP-Übertragung	838
50.4	SMRP Paket-Format	839
50.5	Fragen zum Kapitel	841
Teil VIII: Internet-Zugangstechniken		843
51	Sicherheitstechniken	845
51.1	Sicherheitsaspekte beim Anschluss an das Internet	845
51.1.1	Schutz vertraulicher Informationen	846
51.1.2	Schutz des Netzwerks – Erhalt der Integrität des internen Netzes	849
51.2	Trusted, Untrusted und Unknown Networks	853
51.2.1	Trusted Networks	853
51.2.2	Untrusted Networks	853
51.2.3	Unknown Networks	854
51.3	Einrichten einer Security-Umgebung	854
51.3.1	Abgegrenzte Netzwerke	854
51.3.2	Entwicklung des Sicherheitsdesigns	856
51.4	Zusammenfassung	859
51.5	Fragen zum Kapitel	860
51.6	Weiterführende Informationen	860

52 Directory-Enabled Networking	863
52.1 Objektorientierte Informationsmodellierung	863
52.1.1 Datenmodelle sind an spezifische Typen von Quellen gebunden	865
52.1.2 Realisierung des Informationsmodells	867
52.2 Kurze Einführung in Directories	870
52.2.1 Directories und Directory-Dienste	871
52.2.2 Aktueller Einsatz des Directory	874
52.2.3 Motivation für DEN und intelligentes Networking	875
52.2.4 Verteilung von Intelligenz in vernetzten Anwendungen	878
52.2.5 Verwendung des Directory für intelligentes Networking	880
52.2.6 Herausforderungen bei aktuellen Directory Services	880
52.3 DEN im Überblick	881
52.3.1 Netzwerke und DEN	881
52.3.2 Directory Service und Netzwerk-Management	884
52.3.3 Das erweiterte Schema und andere Geräteschemata	884
52.3.4 In das Directory integrierte Netzwerk-Anwendungen und andere Netzwerk-Protokolle	885
52.3.5 Vorteile durch den Einsatz von DEN	886
52.4 Einsatz von DEN in Cisco-Produkten	887
52.4.1 Die Directory-Enabled Networking Vision	888
52.5 Zusammenfassung	889
52.6 Fragen zum Kapitel	890
52.7 Weiterführende Informationen	891
53 Techniken des Network Caching	895
53.1 Einführung	895
53.2 Network Caching	895
53.2.1 Wie Web Caching arbeitet	896
53.2.2 Die Vorteile der Lokalisierung von Traffic-Mustern	897
53.2.3 Integrierte Netzwerk-Caches	897
53.2.4 Proxy Server	898
53.2.5 Standalone Caches	898
53.2.6 Browser-basiertes Client Caching	899
53.2.7 WCCP Network Caching	900
53.2.8 Reverse Proxy Caching – Funktion	909
53.3 Aktualität des Inhalts	910
53.3.1 HTTP Caching Standards	911
53.3.2 Kontrolle der Aktualität durch die Cache Engine	912

53.3.3	Kontrolle der Aktualität durch den Browser	912
53.4	Zusammenfassung	912
53.5	Fragen zum Kapitel	913
Teil IX: Netzwerk-Verwaltung		915
54	Netzwerk-Verwaltung von IBM	917
54.1	Hintergrund	917
54.2	Funktionale Bereiche der IBM-Netzwerk-Verwaltung	918
54.2.1	IBM-Konfigurationsverwaltung	918
54.2.2	IBM-Performance- und Accounting-Verwaltung	918
54.2.3	IBM-Problemverwaltung	919
54.2.4	IBM-Betriebsverwaltung	919
54.2.5	IBM-Änderungsverwaltung	920
54.3	IBM-Architekturen zur Netzwerk-Verwaltung	920
54.3.1	Open Network Architecture (ONA)	920
54.3.2	SystemView	922
54.4	IBM-Plattformen zur Netzwerk-Verwaltung	923
54.4.1	NetView	923
54.4.2	LAN Network Manager (LNM)	923
54.4.3	Simple Network Management Protocol (SNMP)	924
54.5	Fragen zum Kapitel	924
55	Remote Monitoring (RMON)	927
55.1	Hintergrund	927
55.2	RMON-Gruppen	928
55.3	Fragen zum Kapitel	930
56	Simple Network Management Protocol (SNMP)	933
56.1	Hintergrund	933
56.2	SNMP – Grundlegende Komponenten	934
56.3	SNMP – Grundlegende Befehle	935
56.4	SNMP – Management Information Base (MIB)	936
56.5	SNMP und Datendarstellung	938
56.6	SNMP Version 1 (SNMPv1)	938
56.6.1	SNMPv1 und Structure of Management Information (SMI)	938
56.6.2	SNMPv1-Protokolloperationen	940
56.7	SNMP Version 2 (SNMPv2)	940

32 Handbuch Netzwerktechnologien

56.7.1	SNMPv2 und Structure of Management Information (SMI)	940
56.7.2	SMI-Informationsmodule	941
56.7.3	SNMPv2-Protokolloperationen	941
56.8	SNMP – Verwaltung	941
56.9	SNMP – Sicherheit	942
56.10	SNMP – Zusammenarbeit	942
56.10.1	Proxy-Agenten	943
56.10.2	»Zweisprachige« Netzwerk-Verwaltungssysteme	943
56.11	SNMP-Referenz: SNMPv1-Nachrichtenformate	943
56.11.1	SNMPv1-Nachrichten-Header	944
56.11.2	SNMPv1-Protokolldateneinheit (PDU)	944
56.11.3	Format von Trap PDU	945
56.12	SNMP-Referenz: SNMPv2-Nachrichtenformate	945
56.12.1	SNMPv2-Nachrichten-Header	946
56.12.2	SNMPv2-Protokolldateneinheit (PDU)	946
56.13	Fragen zum Kapitel	948
	Glossar	949
	Allgemeine Netzwerkbegriffe	949
	Cisco Systems Begriffe und Akronyme	1101
	Stichwortverzeichnis	1111