

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Eine Einführung in Netzwerke</b>	<b>1</b>
1.1	Erforderliche Netzwerkelemente	2
1.1.1	Netzwerkdienste	3
1.1.2	Übertragungsmedien	4
1.1.3	Netzwerkprotokolle	5
1.2	Die Netzwerktopologien	5
1.3	Einteilung der Netzwerke	10
1.4	Die Netzwerktechnologien	11
1.5	Die Sprache der Computer	12
1.5.1	Die Datenübertragung	15
1.5.2	Asynchrone und synchrone Datenübertragung	16
1.5.3	Die Frequenz	17
1.5.4	Das Datensignal	18
1.5.5	Die Bandbreite	19
1.5.6	Bitrate oder Datenrate	20
1.5.7	Baudrate	20
1.5.8	Übertragungsfrequenz versus Übertragungsrate	20
1.5.9	Kanalkapazität	21
1.5.10	Paketvermittlung	21
1.5.11	Grundlegende Zugriffsverfahren	22
1.6	Netzwerkarchitekturen	23
1.7	Ein Überblick über den Inhalt dieses Buchs	29
<b>2</b>	<b>Ethernet</b>	<b>31</b>
2.1	Die Geschichte des Ethernet	31
2.1.1	Das IEEE-Konsortium	34
2.1.2	Der Ethernet-Standard	34
2.2	Der Physical Layer	35
2.2.1	Teilbereiche des Physical Layer	37
2.2.2	Physical Line Signaling (PLS)	38
2.2.3	Attachment Unit Interface (AUI)	39

2.2.4	Die Media Access Unit (MAU) . . . . .	40
2.2.5	Das Physical Medium Attachment (PMA) . . . . .	40
2.2.6	Das Medium Dependent Interface (MDI) . . . . .	41
2.2.7	Die Kommunikation zwischen AUI und MAU . . . . .	41
2.2.8	Das SQE-Testsignal . . . . .	42
2.2.9	Die Jabber-Schutzfunktion . . . . .	43
2.3	10BASE5 . . . . .	43
2.4	10BASE2 . . . . .	46
2.5	10BROAD36 . . . . .	50
2.6	10BASE-T . . . . .	50
2.7	10BASE-F . . . . .	55
2.7.1	10BASE-FL . . . . .	57
2.7.2	10BASE-FB . . . . .	57
2.7.3	10BASE-FP . . . . .	57
2.8	Das Manchester-Codierungsverfahren . . . . .	58
2.9	Media Access Control (MAC) . . . . .	60
2.9.1	Das Zugriffsverfahren (CSMA/CD) . . . . .	61
2.9.2	Halb- oder Vollduplex . . . . .	63
2.9.3	Der Zugriff auf das Medium . . . . .	64
2.9.4	Die Kollisionserkennung . . . . .	65
2.9.5	Die Ausbreitung einer Kollision . . . . .	66
2.9.6	Die Ausbreitung einer Kollisionsdomäne . . . . .	68
2.9.7	Sperrzeit der Kollisionserkennung . . . . .	69
2.9.8	Die späten Kollisionen, Late Collisions . . . . .	69
2.9.9	Der Backoff-Prozess . . . . .	70
2.10	Frameformate bei Ethernet . . . . .	72
2.10.1	Adressenformate . . . . .	73
2.10.2	Die Präambel laut DIX und IEEE 802.3 . . . . .	76
2.10.3	Die Frameformate im Ethernet . . . . .	77
2.10.4	Ziel- und Quelladresse eines Frames . . . . .	78
2.10.5	Ethernet oder IEEE 802.3 . . . . .	79
2.10.6	Logical Link Control (LLC) . . . . .	80
2.10.7	Die verschiedenen Frametypen . . . . .	83
2.10.8	Plug&Play bei der Frameauswahl . . . . .	84
<b>3</b>	<b>Fast Ethernet</b> . . . . .	<b>87</b>
3.1	Der Reconciliation Layer und das MII . . . . .	88
3.1.1	Die Kommunikation über das MII . . . . .	90
3.2	100BASE-X-Erweiterungen im Ethernet-Standard . . . . .	91
3.2.1	Der Physical Coding Sublayer (PCS) . . . . .	91
3.2.2	Das Physical Medium Attachment (PMA) . . . . .	92
3.2.3	Der Physical Medium Dependent Sublayer (PMD) . . . . .	92

---

3.3	Das 4B/5B-Codierungsverfahren	92
3.3.1	Der Start-of-Stream und End-of-Stream Delimiter	95
3.4	100BASE-TX	96
3.4.1	MLT-3 und Scrambling	97
3.4.2	Link Integrity Test bei 100BASE-TX	98
3.5	100BASE-T2	98
3.6	100BASE-T4	100
3.7	100BASE-FX	101
3.7.1	100BASE-FX für große Distanzen	103
3.8	Die Auto-Negotiation-Funktion	104
3.8.1	Der Normal Link Pulse	105
3.8.2	Der Auto-Negotiation-Informationsaustausch	106
3.8.3	Auto-Negotiation-Handshake	109
3.8.4	Die Next-Page-Funktion	110
3.8.5	Extended-Next-Page-Funktion	112
3.8.6	Probleme mit der Auto-Negotiation	112
3.9	Flow Control nach IEEE 802.3x	114
<b>4</b>	<b>Gigabit-Ethernet</b>	<b>117</b>
4.1	1000BASE-X-Erweiterungen im Ethernet-Standard	118
4.2	Der Physical Layer von 1000BASE-X	121
4.2.1	Die Kommunikation über das GMII	122
4.2.2	Der Physical Coding Sublayer (PCS)	123
4.2.3	Das Physical Medium Attachment (PMA)	123
4.2.4	Der Physical Medium Dependent Sublayer (PMD)	124
4.2.5	Die 8B/10B-Codierung	124
4.2.6	Die Unterdrückung des Gleichspannungsanteils	125
4.2.7	Symbole	127
4.3	1000BASE-SX	127
4.4	1000BASE-LX	130
4.5	1000BASE-CX	131
4.6	Auto-Negotiation bei 1000BASE-SX, 1000BASE-LX und 1000BASE-CX	133
4.7	1000BASE-T	136
4.7.1	Der Physical Layer von 1000BASE-T	138
4.7.2	Digital Signal Processing	139
4.7.3	Die Master-Slave-Rolle	140
4.7.4	Scrambling bei 1000BASE-T	141
4.7.5	Das 4D-PAM5-Codierungsverfahren von 1000BASE-T	142
4.7.6	Die Trellis-Codierung	147
4.7.7	Der Viterbi-Decoder	148

4.7.8	Die Partial-Response-Filter	149
4.7.9	Die Hybridfunktion	150
4.7.10	Echo Cancellation	151
4.7.11	Minimierung des Crosstalk	151
4.7.12	Das Startup-Protokoll von 1000BASE-T	152
4.7.13	Auto-Negotiation- und MDI/MDI-X-Funktion bei 1000BASE-T	153
4.7.14	Auto-Negotiation bei 1000BASE-T	155
4.7.15	Neue Anforderungen an das TP-Kabel	157
<b>5</b>	<b>10Gigabit-Ethernet</b>	<b>159</b>
5.1	10Gigabit-Ethernet für Glasfaser	159
5.2	PHY-Details	161
5.2.1	Die 10GBASE-LX-4-Lösung	164
5.2.2	Die 10GBASE-SR-Lösung	166
5.2.3	Die 10GBASE-LR-Lösung	167
5.2.4	64B/66B-Codierung	168
5.2.5	10Gigabit-WAN-Lösungen (10GBASE-EW und -LW)	168
5.3	10GBASE-CX-4	172
5.4	10GBASE-T	174
5.4.1	10GBASE-T-Herausforderung	174
5.4.2	10GBASE-T-PHY	177
5.4.3	Powermanagement	183
5.4.4	Master-Slave-Rolle	183
5.4.5	Auto-Negotiation bei 10GBASE-T	184
5.4.6	Trainingssequenz	186
5.4.7	Anforderungen an die Netzwerkinfrastruktur	188
5.5	GBit-Ethernet-Backplane-Lösungen	190
<b>6</b>	<b>40/100Gigabit-Ethernet</b>	<b>193</b>
6.1	PHY-Details	196
6.1.1	40GBASE-CR4 und 100GBASE-CR10	198
6.1.2	40GBASE-SR4 und 100GBASE-SR10	200
6.1.3	40GBASE-LR4	203
6.1.4	100GBASE-LR4 und 100GBASE-ER4	204
6.1.5	40GBASE-FR	206
6.1.6	40/100-GBit-Medienmodul-Schnittstellen	207
6.1.7	40GBASE-KR4	208
6.1.8	Auto-Negotiation bei 40/100GBit-Ethernet	208
6.1.9	Die Ethernet-Zukunft	211

---

<b>7</b>	<b>Ethernet Internals</b>	<b>213</b>
7.1	Längenbeschränkung im Ethernet	213
7.1.1	Die Einhaltung der Bitzeiten	216
7.1.2	Die Eingrenzung der Kollisionsdomäne	217
7.1.3	Die 5-4-3-Regel	219
7.1.4	Berechnung des Path Delay Value (PDV)	220
7.1.5	Berechnung der Interframe-Gap-Verluste	225
7.1.6	Die Berechnung der PDV im Netzwerk mit 100 MBit/s	226
7.1.7	Die PDV bei 1000BASE-X	230
7.2	Power over Ethernet	232
7.2.1	Leistungsklassen	239
7.2.2	PD-Erkennungsprozess	239
7.2.3	Klassifizierung	239
7.2.4	PD-Klassifizierungssignatur	241
7.2.5	PoE-Schaltzeiten	241
7.2.6	PoE in der Praxis	242
7.3	Energy Efficient Ethernet	243
7.4	Link Layer Discovery Protocol	246
<b>8</b>	<b>Ethernet-Verkabelung</b>	<b>249</b>
8.1	Standards und Spezifizierungen für die Verkabelung	250
8.1.1	Die EIA/TIA-Normierung	250
8.1.2	Die ISO/IEC-11801-Normierung	251
8.1.3	Die Norm EN 50173	251
8.1.4	Die Normen EN 50288-x-x	252
8.1.5	Die Normen EN 55022 und EN 50082	252
8.2	Kabeltypen	253
8.2.1	Twisted-Pair-Kabel	253
8.2.2	Koaxialkabel	273
8.2.3	Lichtwellenleiter	281
8.2.4	Der Aufbau der Lichtwellenleiter	282
8.3	Entscheidende Faktoren bei der Netzwerkverkabelung	305
8.3.1	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	305
8.3.2	Sicherheit	306
8.3.3	Verlegung	306
8.3.4	Verkabelungsbereiche der strukturierten Verkabelung	307

<b>9</b>	<b>Ethernet-Komponenten</b>	<b>313</b>
9.1	Netzwerkkarten	313
9.1.1	Netzwerkkarten für 10 MBit/s mit UTP/Koax	322
9.1.2	Netzwerkkarten für 10 MBit/s und Lichtwellenleiter	323
9.1.3	Netzwerkkarten für 10/100 MBit/s mit TP	324
9.1.4	Netzwerkkarten für 100 MBit/s mit Lichtwellenleitern	326
9.1.5	Quattro-Netzwerkkarte für 10/100 MBit/s mit 4-mal TP	327
9.1.6	Netzwerkkarten für 1000 MBit/s	328
9.1.7	Netzwerkkarten für 1000 MBit/s mit Lichtwellenleitern	330
9.1.8	Netzwerkkarten für 1000 MBit/s mit TP	331
9.1.9	Netzwerkkarten für 10 GBit/s	332
9.2	Repeater und Hubs	333
9.2.1	Repeater für 10 MBit/s	335
9.2.2	Repeater für 100 MBit/s	338
9.2.3	Ethernet Bridge	339
9.2.4	Dualspeed Hubs für 10/100 MBit/s	343
9.2.5	Repeater für 1000 MBit/s	345
9.3	Switches	348
9.3.1	Switching Hubs für 10/100 MBit/s	358
9.3.2	Switching Hubs für 1000 MBit/s	359
9.3.3	Switching Hubs für 10.000/40.000/100.000 MBit/s	360
9.3.4	EEE für Switches	360
9.3.5	Tranceiver-Module für Switches	361
9.3.6	Die Managementfähigkeit von Hubs und Switches	362
9.4	Medienwandler	366
9.4.1	Midspan und Splitter	368
<b>10</b>	<b>Die Projektierung und Planung eines Netzwerks</b>	<b>371</b>
10.1	Konzepte für den Aufbau eines Netzwerks	371
10.2	Die Performance-Betrachtung	379
10.3	Der „Mythos 40 Prozent“	381
10.4	Messung der Netzwerk-Performance	385
10.5	Traffic-Analyse	388
10.5.1	Werkzeuge, um Trends im Netzwerk zu erkennen	389
10.5.2	Wie charakterisiert man ein Netzwerk?	390
10.6	Die Auswertung von Netzwerkstatistiken	392

---

<b>11</b>	<b>Netzwerkprotokolle</b>	<b>397</b>
11.1	Grundlagen: Was sind Protokolle? .....	398
11.1.1	Bits und Bytes .....	399
11.1.2	Die Protokolle der Schichten 3 und 4 .....	399
11.1.3	Routing .....	400
11.1.4	Verbindungslose und verbindungsorientierte Kommunikation .....	401
11.2	Einführung in die TCP/IP-Protokollfamilie .....	403
11.2.1	Request for Comment (RFC) .....	403
11.2.2	Päckchen packen .....	404
11.3	Das Internet Protocol .....	405
11.3.1	IP-Header .....	406
11.3.2	Maximum Transmission Unit (MTU) .....	409
11.3.3	Time to Live (TTL) .....	411
11.3.4	Protokolle der höheren Schicht .....	411
11.3.5	IP-Adressen .....	412
11.3.6	Optionen .....	412
11.4	Adressierung in TCP/IP-Netzwerken .....	413
11.4.1	Was sind IP-Adressen? .....	414
11.4.2	Struktur der IP-Adressen .....	414
11.4.3	Die Schreibweise von IP-Adressen .....	415
11.4.4	IP-Adressklassen .....	416
11.4.5	Klasse-A-Adressen .....	417
11.4.6	Klasse-B-Adresse .....	417
11.4.7	Klasse-C-Adresse .....	418
11.4.8	Klasse-D-Adresse .....	418
11.4.9	Klasse-E-Adresse .....	419
11.4.10	Die IP-Adressbereiche .....	419
11.4.11	Spezielle IP-Adressen .....	421
11.4.12	Multicasts .....	422
11.4.13	Private IP-Adressen .....	423
11.4.14	Subnetze .....	423
11.4.15	Das Subnetting .....	424
11.4.16	Das Subnetting einer Klasse-A-Adresse .....	429
11.4.17	Das Subnetting einer Klasse-C-Adresse .....	429
11.4.18	Das Supernetting .....	431
11.5	Routing im TCP/IP-Netzwerk .....	432
11.5.1	Aufbau der Router .....	433
11.5.2	Das Routing .....	434
11.5.3	Default-Router .....	438
11.5.4	Routingprotokolle .....	438

---

11.6	Das Routing Information Protocol	439
11.6.1	Der RIP-Header	440
11.6.2	Austausch der Routinginformationen	441
11.6.3	Default Route	442
11.6.4	Probleme des RIP	442
11.6.5	Routingschleifen	443
11.6.6	Das RIP-II	444
11.7	Das Open Shortest Path First	445
11.7.1	Die OSPF-Routing-Hierarchie	446
11.7.2	Der Shortest-Path-First-Algorithmus	448
11.7.3	Der OSPF-Header	448
11.7.4	Das OSPF-Hello-Paket	450
11.7.5	Das OSPF-Database-Description-Paket	451
11.7.6	Das OSPF-Link-State-Advertisement-Format	453
11.7.7	Das OSPF-Link-State-Request-Paket	455
11.7.8	Das OSPF-Link-State-Update-Paket	456
11.7.9	Das OSPF-Link-State-Acknowledgement-Paket	456
11.8	Das Address Resolution Protocol	457
11.8.1	Die statische oder dynamische Adressauflösung	458
11.8.2	Die Funktion des ARP	458
11.8.3	Zeitverhalten der ARP-Einträge	459
11.8.4	Doppelte Adressen	459
11.8.5	Die ARP-Pakete	460
11.8.6	Das Reserve Address Resolution Protocol	461
11.9	Das ICMP als Sprachrohr im TCP/IP-Netzwerk	462
11.9.1	ICMP-Header	463
11.9.2	Das ICMP aller Ping	465
11.9.3	ICMP-Meldung Ziel nicht erreichbar	466
11.9.4	ICMP-Meldung Netzwerk nicht erreichbar	467
11.9.5	ICMP-Meldung Protokoll nicht zustellbar	468
11.9.6	ICMP-Meldung IP-Datagramm nicht teilbar	468
11.9.7	ICMP meldet Routingfehler	469
11.9.8	Unterschiedliche Implementierungen	471
11.10	Die TCP/IP-Transport-Protokolle	471
11.10.1	Das Transmission Control Protocol (TCP)	473
11.10.2	TCP-Header	474
11.10.3	Die Sicherheit des TCP	478
11.10.4	Flow Control	479
11.10.5	Aufbau einer TCP-Verbindung	482
11.10.6	Verlauf der TCP-Verbindung	483
11.10.7	Das Schließen einer TCP-Verbindung	484
11.10.8	Das User Datagram Protocol (UDP)	485
11.10.9	Der UDP-Header	486



<b>12</b>	<b>Die Protokolle der 5-7-Schicht</b>	<b>487</b>
12.1	Das Server-Message-Block-Protokoll .....	487
12.1.1	Der SMB-Header .....	492
12.2	Das Netware Core Protocol .....	499
12.2.1	Der NCP-Header .....	501
<b>13</b>	<b>Fehleranalyse im Netzwerk</b>	<b>513</b>
13.1	Überprüfung der Verkabelung .....	516
13.2	Überprüfung der aktiven Komponenten .....	518
13.2.1	Ping .....	520
13.3	Überprüfung der Netzwerkstatistiken .....	521
13.4	Protokollanalyse .....	521
13.4.1	Die Durchführung der Protokollanalyse .....	523
13.4.2	Header-Informationen .....	525
13.4.3	Richtige Platzierung der Protokollanalysatoren .....	526
13.4.4	Analysesysteme .....	529
13.4.5	Software-Analysatoren .....	530
13.4.6	Aufbau eines Software-Analysators .....	530
13.5	Der Microsoft-Netzwerkmonitor .....	531
13.5.1	Die Installation des Microsoft-Netzwerkmonitors .....	532
13.5.2	Netzwerkmonitor-Agenten .....	532
13.5.3	Der Netzwerkmonitor in der Praxis .....	533
13.5.4	Die Aufzeichnung des Datenstroms .....	534
13.5.5	Das Capture Summary Window .....	535
13.5.6	Detailinformationen .....	536
13.5.7	Beeinflussung der aufgezeichneten Datenmenge .....	537
13.5.8	Anzeigefilter für die Übersichtlichkeit .....	539
13.5.9	Das Setzen von Filtern .....	540
13.5.10	Adressdatenbank .....	541
13.5.11	Die Trigger-Funktion .....	542
13.5.12	Anzeige der Netzwerkstatistiken .....	542
13.5.13	Der Dedicate Capture Mode .....	543
13.5.14	Der Protokoll-Parser .....	543
13.5.15	Anzeige der vorhandenen Netzwerkmonitore .....	544

## Anhang

<b>A</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>547</b>
<b>B</b>	<b>Literatur</b>	<b>553</b>
	<b>Index</b>	<b>557</b>