

# 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>