

Inhalt

1	Grundlagen	2
1.1	Anforderungen	4
1.1.1	Konnektivität	4
1.1.2	Kostengünstige gemeinsame Nutzung von Ressourcen	8
1.1.3	Unterstützung gemeinsamer Dienste	12
1.1.4	Leistung	20
1.2	Netzwerkarchitektur	29
1.2.1	Schichten und Protokolle	29
1.2.2	OSI-Architektur	36
1.2.3	Internet-Architektur	37
1.3	Implementierung von Netzsoftware	40
1.3.1	APIs und Sockets	41
1.3.2	Anwendungsbeispiel	44
1.3.3	Aspekte der Protokollimplementierung	47
1.4	Zusammenfassung	54
1.5	Weiterführende Literatur	56
1.6	Übungen	58
2	Direktverbindungsnetzwerke	66
2.1	Hardwarebausteine	68
2.1.1	Knoten	68
2.1.2	Verbindungsleitungen	69
2.2	Kodierung (NRZ, NRZI, Manchester, 4B/5B)	77
2.3	Erzeugung von Frames	81
2.3.1	Byte-orientierte Protokolle (BISYNC, PPP, DDCMP)	82
2.3.2	Bitorientierte Protokolle (HDLC)	85
2.3.3	Taktbasierte Erzeugung von Frames (SONET)	86
2.4	Fehlererkennung	89
2.4.1	Zweidimensionale Parität	91
2.4.2	Internet-Prüfsummenalgorithmus	92
2.4.3	CRC (Zyklische Redundanzprüfung)	94
2.5	Zuverlässige Übertragung	99
2.5.1	Stop-and-Wait-Algorithmus	100
2.5.2	Sliding-Window	102
2.5.3	Gleichzeitige logische Kanäle	112

2.6	Ethernet (802.3)	113
2.6.1	Physikalische Eigenschaften	114
2.6.2	Medienzugriffssteuerung (MAC)	116
2.6.3	Erfahrung mit Ethernet	120
2.7	Token-Ring (802.5, FDDI)	121
2.7.1	Physikalische Eigenschaften	122
2.7.2	MAC beim Token-Ring	124
2.7.3	Token-Ring-Wartung	126
2.7.4	Frame-Format	128
2.7.5	FDDI	128
2.8	Drahtlose Netze (802.11)	132
2.8.1	Physikalische Eigenschaften	133
2.8.2	Kollisionsvermeidung	134
2.8.3	Verteilssystem	135
2.8.4	Frame-Format	137
2.9	Netzwerkkarten	138
2.9.1	Komponenten	139
2.9.2	Sicht des Hosts	140
2.9.3	Netzwerkkartentreiber	144
2.9.4	Speicher-Flaschenhals	146
2.10	Zusammenfassung	148
2.11	Weiterführende Literatur	151
2.12	Übungen	152
3	Paketvermittlung	166
3.1	Vermittlung und Weiterleitung	168
3.1.1	Datagramme	170
3.1.2	Virtuelle Leitungsvermittlung	172
3.1.3	Source-Routing	178
3.1.4	Implementierung und Leistung	181
3.2	Bridges und LAN-Switche	182
3.2.1	Lernende Bridges	183
3.2.2	Spanning-Tree-Algorithmus	186
3.2.3	Broadcast und Multicast	190
3.2.4	Beschränkungen von Bridges	191
3.3	Zellenvermittlung (ATM)	193
3.3.1	Zellen	194
3.3.2	Segmentierung und Reassemblierung	199
3.3.3	Virtuelle Pfade	205
3.3.4	Bitübertragungsschichten für ATM	206
3.3.5	ATM im LAN	207
3.4	Vermittlungshardware	211
3.4.1	Designziele	212
3.4.2	Ports und Schaltnetzwerke	215
3.4.3	Crossbar-Switche	217
3.4.4	Switche mit gemeinsamer Mediennutzung	222
3.4.5	Eigenvermittelnde Schaltnetzwerke	223

3.5	Zusammenfassung	228
3.6	Weiterführende Literatur	230
3.7	Übungen	231
4	Internetworking	242
4.1	Einfaches Internetworking (IP)	244
4.1.1	Was ist ein Internetwork?	244
4.1.2	Dienstmodell	246
4.1.3	Globale Adressen	257
4.1.4	Weiterleitung von Datagrammen in IP	259
4.1.5	Adreßübersetzung (ARP)	264
4.1.6	Host-Konfiguration (DHCP)	268
4.1.7	Fehlermeldung (ICMP)	272
4.1.8	Virtuelle Netzwerke und Tunnel	272
4.2	Routing	276
4.2.1	Netzwerk als Graph	277
4.2.2	Distanzvektor-Routing (RIP)	279
4.2.3	Link-State-Routing (OSPF)	287
4.2.4	Metriken	296
4.2.5	Routing für mobile Hosts	299
4.3	Das globale Internet	304
4.3.1	Subnetting	306
4.3.2	Klassenloses Routing (CIDR)	311
4.3.3	Interdomain Routing (BGP)	314
4.3.4	Routing-Bereiche	321
4.3.5	IP-Version 6 (IPv6)	323
4.4	Multicast	335
4.4.1	Link-State-Multicast	336
4.4.2	Distanzvektor-Multicast	338
4.4.3	Protokollunabhängiges Multicast (PIM)	340
4.5	Zusammenfassung	344
4.6	Weiterführende Literatur	346
4.7	Übungen	348
5	Ende-zu-Ende-Protokolle	362
5.1	Einfacher Demultiplexer (UDP)	364
5.2	Zuverlässiger Byte-Strom (TCP)	366
5.2.1	Ende-zu-Ende-Fragen	367
5.2.2	Segmentformat	370
5.2.3	Auf- und Abbau von Verbindungen	372
5.2.4	Nochmals: Sliding-Window	377
5.2.5	Adaptive Neuübertragung	383
5.2.6	Datensatzgrenzen	386
5.2.7	TCP-Erweiterungen	387
5.2.8	Alternative Designoptionen	388

- 5.3 Remote Procedure Call (RPC)390
 - 5.3.1 Bulk-Transfer (BLAST)393
 - Implementierung von BLAST 399
 - 5.3.2 Anfrage/Antwort (CHAN)400
 - 5.3.3 Dispatcher (SELECT)409
 - 5.3.4 Von den Teilen zum Ganzen (SunRPC, DCE)412
- 5.4 Netzwerkleistung (Performance)419
 - 5.4.1 Experimentelle Methode419
 - 5.4.2 Latenz420
 - 5.4.3 Durchsatz421
- 5.5 Zusammenfassung422
- 5.6 Weiterführende Literatur424
- 5.7 Übungen425

- 6 Überlastkontrolle und Ressourcenzuteilung438**
 - 6.1 Ressourcenzuteilung440
 - 6.1.1 Netzwerkmodell.....441
 - 6.1.2 Taxonomie444
 - 6.1.3 Bewertungskriterien447
 - 6.2 Queuing-Disziplinen450
 - 6.2.1 FIFO450
 - 6.2.2 Faires Queuing452
 - 6.3 Überlastkontrolle in TCP456
 - 6.3.1 Additive Increase / Multiplicative Decrease457
 - 6.3.2 Slow-Start460
 - 6.3.3 Fast-Retransmit und Fast-Recovery464
 - 6.4 Mechanismen zur Überlastvermeidung467
 - 6.4.1 DECbit467
 - 6.4.2 Random Early Detection (RED)468
 - 6.4.3 Quellenbasierte Überlastvermeidung474
 - 6.5 Dienstgüte480
 - 6.5.1 Anforderungen von Anwendungen481
 - 6.5.2 Integrated-Services (RSVP)486
 - 6.5.3 Differentiated-Services496
 - 6.5.4 ATM-Dienstgüte501
 - 6.6 Zusammenfassung504
 - 6.7 Weiterführende Literatur506
 - 6.8 Übungen507

- 7 Ende-zu-Ende-Daten520**
 - 7.1 Darstellungsformatierung522
 - 7.1.1 Taxonomie523
 - 7.1.2 Beispiele (XDR, ASN.1, NDR)527
 - 7.2 Datenkompression531
 - 7.2.1 Verlustlose Kompressionsalgorithmen533
 - 7.2.2 Bildkompression (JPEG)535

7.2.3	Videokompression (MPEG)	540
7.2.4	Übertragung von MPEG über das Netzwerk	545
7.2.5	Audiokompression (MP3)	549
7.3	Zusammenfassung	551
7.4	Weiterführende Literatur	552
7.5	Übungen	553
8	Sicherheit in Netzwerken	560
8.1	Kryptographische Algorithmen	562
8.1.1	Anforderungen	564
8.1.2	DES	566
8.1.3	RSA	570
8.1.4	Message-Digest 5 (MD5)	573
8.1.5	Implementierung und Leistung	576
8.2	Sicherheitsmechanismen	576
8.2.1	Authentifikationsprotokolle	577
8.2.2	Nachrichtenintegritätsprotokolle	580
8.2.3	Verteilung öffentlicher Schlüssel (X.509)	583
8.3	Systembeispiele	586
8.3.1	Privacy Enhanced Mail (PEM)	586
8.3.2	Pretty Good Privacy (PGP)	591
8.3.3	Sicherheit auf der Transportschicht (TLS, SSL, HTTPS)	593
8.3.4	IP Security (IPSEC)	597
8.4	Firewalls	600
8.4.1	Filterbasierte Firewalls	601
8.4.2	Proxy-basierte Firewalls	603
8.4.3	Einschränkungen	605
8.5	Zusammenfassung	605
8.6	Weiterführende Literatur	607
8.7	Übungen	608
9	Anwendungen	614
9.1	Domain Name System (DNS)	616
9.1.1	Domain-Hierarchie	617
9.1.2	Name-Server	618
9.1.3	Namensauflösung	623
9.2	Traditionelle Anwendungen	625
9.2.1	Electronic Mail (SMTP, MIME)	626
9.2.2	Das World Wide Web (HTTP)	632
9.2.3	Netzwerkmanagement (SNMP)	637
9.3	Multimedia-Anwendungen	640
9.3.1	Anforderungen	641
9.3.2	Real-time Transport Protocol (RTP)	643
9.3.3	Session Control und Call Control (H.323)	650
9.4	Zusammenfassung	653

9.5 Weiterführende Literatur	655
9.6 Übungen	656
Glossar	663
Literatur	695
Index	709