

Inhaltsverzeichnis

Teil I Überblick

1	Aufbau und Gliederung	3
	Literatur	4
2	Einführung	7
2.1	Grundlagen	7
2.1.1	Übertragungsarten	8
2.1.2	Geographische Ausbreitung	13
2.1.3	Netztopologien	15
2.2	Übertragungstechniken	20
2.2.1	Modem und Einwahltechniken	20
2.2.2	Ethernet	28
2.2.3	Wireless LAN	29
2.2.4	Mobilfunk	29
2.3	Referenzmodelle	30
2.3.1	ISO/OSI-Referenzmodell	30
2.3.2	TCP/IP-Referenzmodell	37
2.4	Arbeitsweise von Koppelementen	39
2.4.1	Hub und Repeater	39
2.4.2	Switch und Bridge	40
2.4.3	Layer 3–7 Switch, Gateway und Router	41
2.5	Unterscheidung von Softwarekomponenten	42
2.5.1	Benutzer	43
2.5.2	Anwendung	43
2.5.3	Anwendungsprotokoll	44
2.5.4	Netzstack im Betriebssystem	45
2.6	Kommunikationsmodelle	45
2.6.1	Client-Server	45
2.6.2	Client-Server (Push & Pull)	46
2.6.3	Hierarchische Client-Server-Architektur	48
		VII

2.6.4	Multi-Tier Client-Server	50
2.6.5	High-Performance Client-Server/Client-Cluster	51
2.6.6	Peer-to-Peer	52
2.6.7	Hybride Client-Server-/Peer-to-Peer-Architektur	54
	Literatur	55

Teil II Kommunikation auf physikalischer Ebene

3	Wired Networks	59
3.1	Motivation	59
3.2	Ethernet	60
3.2.1	Verschiedene Standards	61
3.2.2	Kodierungen für Ethernet	62
3.2.3	CSMA/CD	63
3.2.4	Fehlererkennung und Fehlerkorrektur	64
3.2.5	Medium Access Control (MAC)	65
3.2.6	Logical Link Control (LLC)	67
3.3	Virtual LAN	68
3.3.1	VLAN-Protokollheader	69
3.3.2	VLAN in der Praxis	70
3.3.3	VLAN unter Linux	71
3.4	MPLS	72
3.5	Spanning Tree	75
3.5.1	Spanning Tree Protocol (STP)	76
3.5.2	Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)	83
	Literatur	88
4	Wireless Networks	91
4.1	Motivation	91
4.2	Wireless LAN	92
4.2.1	Begriffe	93
4.2.2	CSMA/CA	95
4.2.3	Medium Access Control (MAC) und Logical Link Control (LLC)	96
4.2.4	Aufbau einer WLAN-Verbindung	98
4.2.5	Sicherheit	100
4.3	Wireless Mesh Networks	105
4.4	Wireless Sensor Networks	106
4.5	Mobilfunknetze	106
4.5.1	Die Entwicklung des Mobilfunks	106
4.5.2	Aufbau eines Mobilfunknetzes	108

4.5.3	Architektur eines Mobilfunknetzes	109
4.5.4	Medium Access Control (MAC)	110
4.5.5	Ausblick auf 5 G	112
Literatur		113

Teil III Kommunikation auf logischer Ebene

5	Grundlagen	119
5.1	Switch vs. Router	119
5.2	Adressierung von Elementen	120
5.3	Adressierung von Anwendungsprozessen	122
6	Internet Protocol Version 4	125
6.1	Paketierung	125
6.1.1	Aufbau der Pakete	126
6.1.2	Fragmentierung	129
6.2	Adressierung von Hosts und Subnetzen	131
6.3	Variable Length Subnet Mask (VLSM)	134
6.4	DHCP	136
6.5	ARP	138
6.6	ICMP	142
6.7	Routing	145
6.7.1	Routingtabellen	146
6.7.2	Classless Inter-Domain Routing (CIDR)	150
6.8	NAT	152
Literatur		155
7	Internet Protocol Version 6	157
7.1	Paketierung	157
7.1.1	Aufbau der IPv6-Pakete	158
7.1.2	Fragmentierung	160
7.2	Adressierung von Hosts und Subnetzen	161
7.3	ICMPv6	164
7.4	NDP	165
7.5	Autokonfiguration und DHCP	168
7.6	Routing	169
7.7	Migrationsmechanismen	169
7.7.1	Dualstack	170
7.7.2	Tunnel	170
7.7.3	NAT64	171
Literatur		172

8	Adressierung von Anwendungen	173
8.1	Verbindungslose Anwendungskommunikation (UDP)	176
8.1.1	Struktur eines UDP-Datagramms	177
8.1.2	Arbeitsweise	177
8.2	Verbindungsorientierte Anwendungskommunikation (TCP)	178
8.2.1	Struktur eines TCP-Segments	180
8.2.2	Arbeitsweise	181
	Literatur	189
9	Routing	191
9.1	Algorithmen	191
9.1.1	Distance-Vector-Algorithmus	192
9.1.2	Link-State-Algorithmus	194
9.2	Protokolle	196
9.2.1	RIP	197
9.2.2	OSPF	198
9.2.3	BGP	200
	Literatur	201
10	Domain Name System (DNS)	203
10.1	Namensgebung und Kommunikationsstruktur	203
10.2	Protokoll	205
10.3	Einsatzmöglichkeiten	208
10.4	Kritik	209
	Literatur	209
11	Virtual Private Network (VPN)	211
11.1	Grundlagen	212
11.2	Point-to-Point Protocol (PPP)	215
11.3	IPsec	218
11.4	TLS-basierte VPNs	221
	Literatur	223
12	Sicherheit in Computernetzen	225
12.1	Abgrenzung	225
12.2	Angriffsmöglichkeiten auf der logischen Netzebene	226
12.3	Firewall	227
12.3.1	Einsatzszenarien von Firewalls	228
12.3.2	Erweiterungen für Firewalls	230
	Literatur	230
13	Kommunikation auf Anwendungsebene	231
13.1	Codierung von Daten	231
13.1.1	Internet Media Type (MIME)	231

13.1.2	XML	232
13.1.3	TLV	233
13.2	Ausgewählte Protokolle	234
13.2.1	Web-Browsing via HTTP	234
13.2.2	Dateiübertragung via FTP	237
13.2.3	E-Mail-Verkehr via SMTP, POP3 und IMAP	239
13.2.4	Voice-over-IP via SIP und RTP	242
13.3	Proxy-Dienste	244
13.4	Sicherheit von Anwendungen und Protokollen	245
13.4.1	Angriffsmöglichkeiten	245
13.4.2	Schutzmöglichkeiten	246
13.4.3	Intrusion Detection/Prevention	246
	Literatur	247

Teil IV Performance Engineering

14	Quality of Service	251
14.1	Definition	251
14.1.1	Verzögerung	253
14.1.2	Verzögerungsjitter	254
14.1.3	Datenrate	255
14.1.4	Zuverlässigkeit	255
14.2	Arbeitsweise der Mechanismen	257
14.2.1	Identifikation und Klassifizierung	259
14.2.2	Markierung	261
14.2.3	Congestion Avoidance	262
14.2.4	Policing, Queuing und Shaping	265
14.2.5	Scheduling	269
14.3	Integrated-Services-Architektur (IntServ)	279
14.3.1	Grundlegende Arbeitsweise	279
14.3.2	Serviceklassen	282
14.3.3	Eignung	283
14.4	Differentiated-Services-Architektur (DiffServ)	284
14.4.1	Grundlegende Arbeitsweise	284
14.4.2	Per-Hop Behavior	286
14.4.3	Umsetzung des Congestion Managements	289
14.4.4	Proprietäre Systeme	290
	Literatur	290
15	Virtualisierung von Netzfunktionen	293
15.1	Nutzen der Virtualisierung	294
15.2	Software-Defined Networking	297

15.2.1	Architektur	299
15.2.2	Application Plane	303
15.2.3	Control Plane	306
15.2.4	Data Plane	308
15.3	Network Function Virtualization	310
15.3.1	Funktionsweise	311
15.3.2	Virtualisierung	313
15.4	SDN vs. NFV	315
	Literatur	318

Teil V Internet of Things

16	Grundlagen für allgemeine Anwendungen	321
16.1	Technologien	322
16.2	Protokolle	322
16.3	Anwendungsbeispiel: Smarthome	323
16.4	Grundlagen der digitalen Signalübertragung	324
16.4.1	Digitale Modulation	326
16.4.2	Passband, Bandbreite und Noise	327
16.4.3	Funktionsweise von Software Defined Radios	328
16.4.4	Signalverarbeitung in Software	329
16.4.5	Extraktion von Bits und Bytes	330
16.4.6	Kodierung	332
16.4.7	Zusammenfassung	334
16.5	Drahtlose Smarthome-Technik	335
16.5.1	Risiken der Smarthome-Technik	335
16.5.2	Proprietäre Smarthome-Protokolle	337
16.5.3	Schwachstellen und Angriffe auf Smarthome Protokolle	339
16.6	Blick in die Zukunft	340
	Literatur	341
17	Grundlagen für industrielle Anwendungen	343
17.1	Komponenten im fertigungsnahen Umfeld	343
17.1.1	Enterprise-Ressource-Planning-System (ERP)	343
17.1.2	Manufacturing-Execution-System (MES)	345
17.1.3	Maschinen und Anlagen	346
17.1.4	Computer Integrated Manufacturing (CIM)	348
17.2	Referenzmodelle im fertigungsnahen Umfeld	351
17.2.1	Y-CIM-Modell	351
17.2.2	Automatisierungspyramide	352
17.2.3	Automatisierungsdiabolo	353
17.2.4	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)	355
17.3	Kommunikation im fertigungsnahen Umfeld	356

17.3.1	Horizontale und vertikale Integration	356
17.3.2	Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)	357
17.3.3	Industrial Internet of Things (IIoT)	357
17.4	Netze im fertigungsnahen Umfeld	358
17.4.1	Ethernet-basierte Systeme	358
17.4.2	Feldbussysteme	361
17.4.3	Echtzeitfähige ethernetbasierte Systeme	361
17.5	Ausgewählte Datenaustauschprotokolle	365
17.5.1	Euromap 63	365
17.5.2	OPC UA	371
17.5.3	MQTT	390
	Literatur	402
	Lösungen	407
	Stichwortverzeichnis	425