

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen zur Paketvermittlung und Normung.....</b>	<b>13</b>
1.1	Einleitung .....	13
1.2	Vermittlungsprinzipien .....	14
1.2.1	Leitungsvermittelnde Netze .....	15
1.2.2	Paketvermittelnde Netze.....	16
1.2.3	Paketvermittlung, das Routing.....	17
1.2.4	Multiservices.....	19
1.2.5	Vergleich von leitungs- und paketvermittelten Netzen .....	20
1.3	Verbindungsprinzipien .....	21
1.3.1	Verbindungsorientierte Kommunikation .....	22
1.3.2	Verbindungslose Kommunikation .....	24
1.4	Standardisierungen.....	25
1.4.1	ITU-T .....	26
1.4.2	IETF.....	27
1.4.3	IANA.....	28
1.4.4	IEEE.....	29
1.4.5	ISO .....	29
1.5	OSI-Schichtenmodell von ISO .....	30
1.5.1	Protokollstapel und Kommunikationsfluss.....	32
1.5.2	Layer 1, Bitübertragungsschicht .....	35
1.5.3	Layer 2, Sicherungsschicht.....	36
1.5.4	Layer 3, Vermittlungsschicht.....	37
1.5.5	Layer 4, Transportschicht.....	38
1.5.6	Layer 5 bis 7 .....	39
1.6	Quiz .....	42
<b>2</b>	<b>Internet Protocol, IP .....</b>	<b>43</b>
2.1	Allgemeines .....	43
2.2	IP-Header der Version 4.....	45
2.2.1	Struktur der IPv4-Adresse .....	46
2.2.2	IP-Klassen.....	47
2.2.3	Adressverteilung im Klasse-C-Netz .....	48
2.2.4	Netzmasken und Subnetze .....	49

2.2.5	Adressen für private Netze.....	49
2.3	IP-Einstellungen am Host.....	50
2.3.1	DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol.....	50
2.3.2	DHCP-Prozess .....	52
2.3.3	DHCP-Optionen .....	54
2.4	Transportprotokolle .....	55
2.4.1	Adressierung der Anwendung – Port-Adressen .....	55
2.4.2	Well Known Ports.....	57
2.4.3	Registered Ports.....	57
2.4.4	Private, Dynamic Ports.....	58
2.4.5	Socket .....	58
2.4.6	UDP, User Datagram Protocol.....	59
2.4.7	TCP, Transport Control Protocol.....	61
2.5	Anwendungsprotokolle für VoIP-Medienströme .....	64
2.5.1	RTP, Realtime Transport Protocol.....	64
2.5.2	RTCP, Realtime Transport Control Protocol.....	66
2.6	Quiz .....	69
<b>3</b>	<b>VoIP-Prinzip .....</b>	<b>71</b>
3.1	Beginn von Voice over IP.....	71
3.2	VoIP-Aspekte der Realisierung.....	73
3.3	Sprachübertragung in paketvermittelten Netzen .....	75
3.4	Erzeugung des Mediendatenstroms .....	76
3.4.1	Sprachkodierung, CODEC.....	78
3.4.2	Quantisierungskennlinien A-Law und $\mu$ -Law.....	79
3.5	Anforderungen an die CODECs für Telefonie .....	80
3.5.1	MOS, Mean Opinion Score .....	81
3.6	Methoden und Standards zur Audiocodierung .....	82
3.6.1	G.711 .....	83
3.6.2	G.722 .....	83
3.6.3	G.722.1 .....	84
3.6.4	G.722.2/AMR-WB.....	84
3.6.5	G.723.1 .....	84
3.6.6	G.726 .....	85
3.6.7	G.728 .....	85
3.6.8	G.729 .....	85
3.6.9	G.729.1 .....	85
3.7	Quiz .....	86

<b>4</b>	<b>Architektur von SIP</b> .....	<b>87</b>
4.1	VoIP-Methodik .....	88
4.2	SIP-Standards .....	89
4.3	SIP-Funktionsweise .....	90
4.3.1	SIP-Adressen .....	90
4.3.2	Klassische Telefonnummer und SIP .....	92
4.3.3	SIP – Client-Server-Prinzip .....	93
4.3.4	User Agent und seine Rollen .....	94
4.4	SIP-Architektur.....	95
4.4.1	VoIP-Telefon, User Agent .....	96
4.4.2	Registrar.....	97
4.4.3	Location-Server.....	99
4.4.4	SIP-Proxy-Server.....	101
4.4.4.1	Stateful Proxy .....	103
4.4.4.2	Stateless Proxy .....	104
4.4.4.3	AAA-Service .....	104
4.4.5	Redirect-Server .....	104
4.4.6	SIP-Gateway .....	106
4.4.7	SIP-Firewall .....	107
4.4.8	Provisioning-Server.....	108
4.4.9	Application-Server .....	110
4.5	SIP, VoIP und FAX.....	111
4.5.1	T.37 .....	112
4.5.2	T.38 .....	113
4.6	Quiz .....	113
<b>5</b>	<b>SIP-Signalisierung</b> .....	<b>115</b>
5.1	SIP-Methodik .....	115
5.1.1	SIP-Requests .....	116
5.1.2	SIP-Response .....	119
5.2	Aufbau der SIP-Nachrichten.....	121
5.2.1	Header-Pflichtfelder .....	122
5.2.1.1	FROM, Initiator des Requests.....	123
5.2.1.2	TO, Ziel des Requests .....	124
5.2.1.3	VIA .....	124
5.2.1.4	MAX-FORWARDS .....	125
5.2.1.5	CSeq .....	125
5.2.1.6	CALL-ID .....	126

5.2.2	Optionale Header-Felder .....	126
5.2.3	Message-Body oder SDP .....	128
5.3	SIP-Kommunikationsbeziehungen .....	128
5.3.1	SIP-Transaktion.....	129
5.3.1.1	Beispiel einer Transaktion .....	130
5.3.2	SIP-Dialog.....	131
5.3.2.1	Beispiel einer Dialog-Kennung .....	132
5.3.3	Event .....	133
5.4	Generelle SIP-Aufgaben .....	134
5.5	Anmeldung am Registrar, REGISTER-Request .....	135
5.5.1	Authentifizierungsmethode bei SIP.....	138
5.5.1.1	Registrierung mehrerer UA .....	143
5.5.1.2	Abmeldung eines UAs.....	144
5.6	SIP-Anruf, INVITE-Request .....	146
5.7	SIP-SIMPLE .....	148
5.7.1	SUBSCRIBE .....	149
5.7.2	Zustandsmeldungen mit Notify.....	149
5.7.3	Textnachrichten .....	150
5.8	Quiz .....	151
<b>6</b>	<b>Session Description Protocol, SDP .....</b>	<b>153</b>
6.1	SDP-Aufbau .....	154
6.2	Generelle Angaben .....	155
6.3	Medienbeschreibung .....	159
6.3.1	SDP-Attribute Medieninhalt nach AVP .....	162
6.4	Ankommender Anruf: 9110 an 9101 .....	163
6.4.1	SIP-Analyse.....	164
6.4.2	RTP-Datenstrom .....	168
6.4.3	Ergänzung zu Wireshark .....	169
6.4.4	Abschluss .....	169
6.5	Quiz .....	170
<b>7</b>	<b>VoIP und NAT .....</b>	<b>171</b>
7.1	Das IPv4-Problem und NAT als Lösung.....	171
7.2	NAT und PAT .....	172
7.3	Prozess der Adressübersetzung .....	173
7.4	Port-Forwarding .....	175
7.5	NAT-SIP-Problematik.....	175

7.6	STUN – Simple Traversal of UDP through NAT .....	178
7.7	SIP – Symmetric Response Routing .....	182
7.8	Symmetric-RTP.....	185
7.9	Quiz .....	186
<b>8</b>	<b>Quality of Service – QoS .....</b>	<b>187</b>
8.1	Grundlegendes .....	187
8.2	Was ist Qualität?.....	187
8.3	Prozess der Qualitätssicherung.....	188
8.4	Kriterien für gute VoIP-Qualität.....	190
8.4.1	VoIP-Datenrate .....	190
8.4.2	ITU G.114.....	194
8.4.3	MOS-Wert.....	195
8.5	Ergänzende Dienstgüte-Parameter.....	195
8.5.1	Ende-zu-Ende-Verzögerung (Delay).....	196
8.5.2	Schwankung der Übermittlungszeit (Jitter, Delay Variation).....	197
8.5.3	Paketverlustrate (Packet Loss Rate).....	199
8.5.4	Echo.....	200
8.5.5	Verfügbarkeit.....	201
8.6	Prinzipien zur Sicherung des QoS .....	202
8.6.1	Überdimensionierung .....	202
8.6.2	Priorisierungsmechanismen .....	202
8.6.3	Priorität im Ethernet.....	204
8.6.4	Priorität mittels VLAN .....	205
8.6.5	Warteschlangen und deren Management.....	208
8.6.5.1	FIFO.....	208
8.6.5.2	Warteschlangen .....	209
8.6.5.3	Priorisiertes Warteschlangenmanagement.....	210
8.6.6	Priorität im Internet Protocoll (IP) .....	211
8.6.6.1	DSCP .....	213
8.7	Quiz .....	214
<b>9</b>	<b>Einstieg in die Paketanalyse mit Wireshark.....</b>	<b>215</b>
9.1	Einleitung .....	215
9.1.1	Nutzen.....	215
9.1.2	Gefahren .....	216
9.2	Herunterladen und Installieren von Wireshark .....	217

9.3	Grundlegende Bedienung .....	218
9.3.1	Menüleiste .....	218
9.3.2	Symbolleiste .....	219
9.3.3	Fensteraufteilung.....	220
9.4	Aufzeichnung mittels Wireshark .....	221
9.4.1	Offline oder Online? .....	222
9.5	Übung zu Wireshark.....	223
9.5.1	Prüfen der erfassten Daten.....	224
9.6	Grundlegendes zu Filtern .....	226
9.6.1	Capture-Filter .....	227
9.6.2	Display-Filter (Anzeigefilter).....	227
9.6.3	Filterung mit logischen Verknüpfungen .....	229
9.6.4	Filter halbautomatisch erzeugen.....	231
9.7	Quiz .....	233
<b>10</b>	<b>Praxisübungen .....</b>	<b>235</b>
10.1	Laboraufbau, Übersicht.....	236
10.1.1	Telefonie mit der Fritzbox.....	237
10.2	Übungen zu VoIP und SIP .....	247
10.2.1	Vorbereitungen.....	247
10.2.2	Automatische IP-Adressvergabe.....	249
10.2.3	Einfach-Registrierung.....	250
10.2.4	Zweifach-Registrierung.....	252
10.2.5	Abmeldung.....	254
10.2.6	Abgehender Ruf.....	255
10.2.7	Ankommender Ruf.....	259
10.2.8	Ankommender Ruf auf zwei UAs.....	260
10.2.9	Ruhe vor dem Telefon, DND .....	262
10.2.10	Gespräch halten, HOLD .....	263
10.2.11	Gespräch weiterleiten, TRANSFER .....	265
10.2.12	3er-Konferenz.....	267
10.2.13	STUN-Methode.....	268
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>271</b>
Anhang 1	Lösungen der Quizfragen.....	271
Anhang 2	Lösungen der Tabellenfragen .....	276
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>.....</b>	<b>283</b>