

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Vom einfachen Telefon bis zu Next Generation Networks .....</b>	<b>1</b>
1.1	Vom Telefon bis zum intelligenten Netz .....	2
1.1.1	Erfindung des Telefons.....	2
1.1.2	Vom analogen Telefonnetz zum ISDN.....	4
1.1.3	Vom ISDN zum Intelligenten Netz .....	6
1.2	Ansätze für VoIP .....	8
1.2.1	Internet-Telefonie .....	9
1.2.2	Erweiterung von ISDN mit einem IP-Netz.....	11
1.2.3	IP-Netz als Backbone für PSTN/ISDN.....	12
1.2.4	Ein lokales Netzwerk als IP-TK-Anlage .....	14
1.3	Evolution der Mobilfunknetze .....	15
1.3.1	Aufbau der Mobilfunknetze nach GSM.....	16
1.3.2	Aufbau von GPRS .....	18
1.3.3	Konzept von UMTS .....	19
	Vereinfachte Architektur von UMTS.....	20
	UMTS-Ausbau und IMS .....	21
1.4	VoIP und Konvergenz der Netze .....	22
1.4.1	Von Singleservice-Netzen zum Multiservice-Netz .....	22
1.4.2	Integration von Internet mit Intelligent Network.....	25
	PINT.....	25
	SPIRITS .....	27
1.4.3	Trend zu Next Generation Networks.....	28
1.4.4	Konzept von Parlay/OSA .....	31
1.4.5	Konzept von JAIN.....	35
1.5	VoIP-Aktivitäten bei Standardisierungsgremien, Konsortien und Foren.....	38
1.5.1	IETF und Internet-Standards .....	38
	Organisation der IETF.....	39
	Working Groups mit VoIP-Aktivitäten.....	40
1.5.2	ITU-T und Telekommunikationsstandards .....	41
	Organisation des ITU-T .....	41
	VoIP-betreffende SGs beim ITU-T.....	42

1.5.3	ETSI und VoIP.....	43
1.5.4	VoIP-betreffende Konsortien und Foren.....	43
1.6	Schlussbemerkungen.....	45
<b>2</b>	<b>Signalisierung in Telefonnetzen und ISDN .....</b>	<b>47</b>
2.1	Signalisierung in Telefonnetzen.....	48
2.2	ISDN-Konzept.....	50
2.2.1	ISDN-Schnittstellen.....	51
2.2.2	Protokollbereiche im ISDN.....	52
2.3	D-Kanal-Protokoll.....	53
2.3.1	Schicht 3 des D-Kanal-Protokolls.....	54
2.3.2	Auf- und Abbau einer ISDN-Verbindung.....	56
2.4	Signalisierungssystem Nr.7.....	58
2.4.1	Funktionsteile von SS7.....	60
2.4.2	Funktionelle Struktur von SS7.....	61
2.4.3	SS7-Verlauf beim Auf- und Abbau einer ISDN-Verbindung.....	63
2.5	Schlussbemerkungen.....	65
<b>3</b>	<b>TCP/IP- und VoIP-Protokolle .....</b>	<b>67</b>
3.1	Protokollfamilie TCP/IP.....	68
3.2	Prinzip der Kommunikation im Internet.....	70
3.2.1	Bildung von IP-Paketen.....	71
3.2.2	Prinzip der Kommunikation im Internet.....	72
3.2.3	Interpretation von IP-Adressen.....	73
3.2.4	Zweistufige Adressierung.....	74
3.2.5	Regeln beim Absenden von IP-Paketen.....	75
3.3	Internet-Protokoll IP.....	76
3.4	Protokoll TCP.....	78
3.4.1	Interpretation einer TCP-Verbindung.....	79
3.4.2	Auf- und Abbau einer TCP-Verbindung.....	80
3.5	Einsatz von DNS.....	82
3.5.1	Aufbau des DNS-Namensraums.....	83
3.5.2	Prinzip der Namensauflösung.....	84
3.6	Protokolle für VoIP.....	86
3.7	Bedeutung des Protokolls SCTP.....	88
3.7.1	SCTP versus UDP und TCP.....	89
3.7.2	SCTP-Assoziationen.....	90

3.8	ENUM-Konzept.....	92
3.8.1	Bildung von ENUM-URIs aus E.164-Rufnummern.....	94
3.8.2	Bestimmung des NAPTR Resource Records.....	95
3.8.3	Nutzung der Internet-Dienste beim ENUM-Einsatz.....	96
3.9	Schlussbemerkungen.....	97
<b>4</b>	<b>VoIP und QoS in IP-Netzen.....</b>	<b>99</b>
4.1	QoS-Anforderungen bei VoIP.....	100
4.1.1	Einflussfaktoren auf die VoIP-Qualität.....	100
4.1.2	Ende-zu-Ende-Verzögerung.....	101
4.1.3	Übermittlungszeit über ein IP-Netz.....	105
4.1.4	Jitter-Ausgleichpuffer und Paketverluste.....	106
4.2	Verfahren zur Garantie von QoS-Anforderungen.....	107
4.3	Priorisierung von MAC-Frames.....	109
4.4	Differentiated Services.....	110
4.4.1	Differenzierung der IP-Pakete.....	111
4.4.2	DiffServ-Domäne und -Region.....	112
4.5	Queue-Management.....	114
4.5.1	Priority Queueing.....	116
4.5.2	Custom Queueing.....	117
4.5.3	Fair Queueing.....	120
4.5.4	Weighted Fair Queueing.....	122
4.5.5	Class-based Weighted Fair Queueing.....	124
4.6	Einsatz von RSVP.....	126
4.7	Schlussbemerkungen.....	129
<b>5</b>	<b>Sprachcodierung und Echtzeitkommunikation mit RTP/RTCP.....</b>	<b>131</b>
5.1	Sprachcodierung bei VoIP.....	132
5.1.1	Abtastwert-orientierte Sprachcodierung.....	134
5.1.2	Prinzipien der Quantisierung.....	137
5.1.3	Nichtlineare Quantisierung bei PCM.....	138
5.1.4	Nachbildung der Spracherzeugung.....	141
5.1.5	Segment-orientierte Sprachcodierung.....	144
5.1.6	VoIP-relevante Sprachcodierungsverfahren.....	145
5.1.7	Sprachqualität nach MOS-Skala.....	147
5.2	Protokolle für Sprachübermittlung.....	148

5.2.1	Bedeutung einer RTP-Session.....	149
5.2.2	RTP/RTCP und TCP/UDP/IP .....	151
5.3	Konzept und Funktionen von RTP .....	151
5.3.1	Aufbau von RTP-Paketen .....	152
5.3.2	Payload-Typen .....	154
5.4	Translator und Mixer.....	156
5.4.1	Translator-Einsatz .....	156
5.4.2	Mixer-Einsatz.....	157
5.5	Protokoll RTCP .....	158
5.5.1	Funktion von RTCP .....	159
5.5.2	Typen der RTCP-Pakete .....	160
5.5.3	Struktur der RTCP-Pakete.....	160
5.5.4	Sender Report (SR) .....	161
	Angaben im SR-Header.....	163
	Sender-Informationen.....	163
	Angaben in Report Blocks.....	164
5.5.5	Receiver Report (RR).....	164
5.6	Abschätzung von QoS-Parametern.....	165
5.6.1	Garantie der Isochronität.....	165
5.6.2	Abschätzung von Jitter.....	167
5.6.3	Abschätzung des Round-Trip Delay .....	168
5.7	Secure Real-time Transport Protocol (SRTP) .....	168
5.7.1	Sicherheitsfunktionen von SRTP .....	169
5.7.2	Key Management Protokoll und SRTP .....	170
5.7.3	Gesicherte Kommunikation nach SRTP .....	172
5.7.4	Prinzip der Integritätsprüfung und Authentifizierung .....	174
5.7.5	SRTP- und SRTCP-Pakete.....	175
5.7.6	Session Keys bei SRTP.....	177
5.7.7	Vorbereitung eines RTP-Pakets zum Senden.....	179
5.7.8	Bearbeitung eines empfangenen RTP-Pakets.....	180
5.7.9	Schritte bei der Bearbeitung eines RTP-Pakets.....	181
5.8	Kompression des RTP/UDP/IP-Headers .....	183
5.8.1	Bedeutung von CRTP und ROHC .....	184
5.8.2	Konzept der Kompression des RTP/UDP/IP-Headers .....	185
5.8.3	Kompression und Decompression nach CRTP .....	187
5.8.4	Besonderheiten von ROHC.....	192
5.9	Schlussbemerkungen .....	193

<b>6</b>	<b>VoIP nach dem Standard H.323.....</b>	<b>195</b>
6.1	Systemkomponenten nach H.323.....	196
6.1.1	H.323-Domains .....	197
6.1.2	Protokollfamilie TCP/IP und H.323 .....	198
6.1.3	Sprach- und Videocodierung in H.323-Systemen .....	200
6.1.4	Arten von Kanälen bei der Multimedia-Kommunikation .....	201
6.2	Signalisierung nach H.323 .....	202
6.2.1	Schritte vor der Audio/Video-Übermittlung .....	203
6.2.2	Schritte nach der Audio/Video- Übermittlung.....	205
6.2.3	Fast Connect Prozedur.....	206
6.3	Realisierung von RAS-Funktionen .....	208
6.3.1	Gatekeeper-Entdeckung.....	209
6.3.2	Registrierung und Deregistrierung beim Gatekeeper .....	210
6.3.3	Zulassung von Verbindungen .....	211
6.3.4	Abfrage der IP-Adresse eines Endpunktes .....	213
6.4	Signalisierung der Anrufe nach H.225.0.....	214
6.4.1	Struktur von Anruf-SIG-Nachrichten beim H.225.0 .....	215
6.4.2	Anrufsignalisierung ohne Gatekeeper .....	215
6.4.3	Direkte Anrufsignalisierung beim Gatekeeper-Einsatz .....	217
6.4.4	Über Gatekeeper geroutete Anrufsignalisierung .....	218
6.4.5	VoIP im Verbund mit ISDN .....	220
6.5	Einsatz des Protokolls H.245 .....	221
6.5.1	Beschreibung von Terminal-Fähigkeiten.....	222
6.5.2	Austausch von Terminal-Fähigkeiten.....	224
6.5.3	Master/Slave-Festlegung .....	225
6.5.4	Aufbau logischer Kanäle .....	226
6.5.5	Abbau logischer Kanäle.....	227
6.5.6	Änderung von Eigenschaften einer Verbindung.....	228
6.5.7	Beispiel für einen Verlauf des Protokolls H.245 .....	229
6.6	Supplementary Services nach H.450.x .....	230
6.6.1	H.450.1 als Basis für Supplementary Services .....	232
6.6.2	Beispiele für Supplementary Services .....	233
6.7	Roaming bei VoIP nach H.323 .....	236
6.7.1	Arten von Roaming .....	236
6.7.2	Registrierung eines Gast-Teilnehmers.....	238
6.7.3	Ankommender Anruf zu einem Gast-Teilnehmer .....	241
6.7.4	Abgehender Anruf aus einer Fremd-Domain .....	243
6.7.5	Deregistrierung eines Gast-Teilnehmers .....	244
6.8	Schlussbemerkungen.....	245

<b>7</b>	<b>VoIP mit dem Protokoll SIP .....</b>	<b>247</b>
7.1	Allgemeines über SIP .....	248
7.1.1	SIP und die Protokolle TCP/UDP/IP .....	248
7.1.2	SIP-Besonderheiten.....	249
7.1.3	Einfacher SIP-Verlauf zwischen zwei IP-Telefonen.....	250
7.2	Beispiele für den SIP-Einsatz.....	252
7.2.1	Einsatz eines Proxy-Servers.....	252
7.2.2	Einsatz eines Redirect-Servers.....	253
7.2.3	Anrufweiterleitung mit SIP.....	254
7.2.4	Anrufverzweigung mit SIP.....	257
7.2.5	Einsatz eines Voice-Mail-Servers.....	258
7.3	SIP-Nachrichten und -Adressen .....	259
7.3.1	Request-Typen .....	259
7.3.2	Response-Klassen .....	261
7.3.3	Aufbau von SIP-Nachrichten .....	262
	Struktur von SIP-Requests.....	262
	Struktur von SIP-Responses .....	262
	Message Body .....	264
7.3.4	Struktur von SIP-Adressen.....	266
7.4	Betriebsarten bei SIP .....	267
7.4.1	Proxy-Mode und Redirect-Mode .....	268
7.4.2	Einsatz von Proxy- und Redirect-Server .....	268
7.4.3	SIP-Verlauf im Proxy-Mode .....	270
7.4.4	SIP-Verlauf im Redirect-Mode .....	271
7.5	Registrierung der Lokation von Teilnehmern.....	273
7.6	Spezielle Dienstmerkmale mit SIP .....	275
7.6.1	Verzweigung ankommender Anrufe .....	275
7.6.2	Anrufweiterleitung bei Besetzt.....	277
7.6.3	Anrufweiterleitung zum Voice-Mail-System .....	277
7.7	Response- und Request-Routing .....	278
7.8	Konvergenz der IP-Netze und ISDN.....	280
7.8.1	SIP und das D-Kanal-Protokoll.....	281
7.8.2	SIP und Signalisierungssystem Nr. 7 .....	283
7.9	Koexistenz von SIP und H.323 .....	283
7.10	Schlussbemerkungen .....	286

<b>8</b>	<b>VoIP-Gateways: Konzepte und Protokolle .....</b>	<b>287</b>
8.1	VoIP und klassische Systeme für Sprachkommunikation.....	288
8.2	Konzept von MGCP.....	290
8.2.1	Grundbegriffe bei MGCP .....	290
8.2.2	MGCP-Commands .....	292
8.2.3	MGCP-Responses.....	293
8.2.4	Auf- und Abbau einer RTP-Session nach MGCP.....	294
8.3	Protokoll Megaco.....	298
8.3.1	Konzept von Megaco.....	299
8.3.2	Megaco-Commands.....	301
8.3.3	Auf- und Abbau einer RTP-Session nach Megaco .....	302
8.3.4	Megaco und Integration von VoIP mit ISDN .....	304
8.4	Schlussbemerkungen.....	306
<b>9</b>	<b>Vernetzung von VoIP-Zonen und Telefonie-Routing .....</b>	<b>307</b>
9.1	Typische Probleme bei VoIP .....	308
9.1.1	Routing ankommender Anrufe aus dem ISDN/PSTN .....	310
9.1.2	Routing abgehender Anrufe.....	312
9.2	Konzept und Einsatz von TRIP.....	313
9.2.1	Bedeutung von TRIP .....	315
9.2.2	TRIP-Protokoll als Bruder von BGP .....	316
9.3	Vernetzung von VoIP-Zonen mit H.323.....	318
9.3.1	Routing abgehender Anrufe zwischen H.323-Zonen.....	318
9.3.2	Routing abgehender Anrufe aus dem ISDN zu einer H.323-Zone .....	320
9.4	Vernetzung von VoIP-Zonen mit SIP .....	321
9.4.1	Routing der Anrufe zwischen VoIP-Zonen mit SIP .....	321
9.4.2	Routing ankommender ISDN-Anrufe zu VoIP-Zonen mit SIP .....	323
9.5	Schlussbemerkungen.....	323
<b>10</b>	<b>Migration zum VoIP-Einsatz .....</b>	<b>325</b>
10.1	Verschiedene Aspekte der Migration zu VoIP.....	326
10.1.1	Sanfte Migration zu VoIP.....	326
10.1.2	Harte Migration zu VoIP .....	327
10.1.3	Typische Fälle bei der Migration zu VoIP.....	327
10.1.4	Architekturmodelle der VoIP-Systeme.....	329
10.2	Hybride VoIP-Systemarchitekturen .....	330
10.2.1	Hybride VoIP-Systemarchitektur am Einzelstandort.....	330

10.2.2 Arten der Vernetzung von TK-Anlagen.....	331
Vernetzung von TK-Anlagen mit zentraler Anrufsteuerung.....	332
Vernetzung von TK-Anlagen mit verteilter Anrufsteuerung.....	333
10.2.3 Standortübergreifende hybride VoIP-Systemarchitekturen.....	333
VoIP-Systemarchitekturen mit zentraler Anrufsteuerung.....	334
VoIP-Systemarchitekturen mit verteilter Anrufsteuerung.....	335
10.3 Reine VoIP-Systemarchitekturen.....	336
10.3.1 Reine VoIP-Systemarchitektur am Einzelstandort.....	338
10.3.2 Verkabelung für die Unterstützung von VoIP.....	340
Getrennte Sprach- und Datenverkabelung.....	340
Gemeinsame Sprach- und Datenverkabelung.....	341
10.3.3 Standortübergreifende reine VoIP-Systemarchitekturen.....	342
VoIP-Systemarchitektur mit zentraler Anrufsteuerung.....	342
VoIP-Systemarchitektur mit verteilter Anrufsteuerung.....	345
10.4 Auswahl einer VoIP-Systemlösung.....	346
10.5 Hauptschritte bei der Migration zu VoIP.....	347
10.5.1 Ist-Analyse bei der Migration zu VoIP.....	351
Organisatorische Aspekte der Ist-Analyse.....	351
Technische Aspekte der Ist-Analyse.....	353
10.5.2 Anforderungen an VoIP-System.....	355
Organisatorische Anforderungen.....	355
Technische Anforderungen.....	357
10.5.3 Komponenten des VoIP-Systemkonzeptes.....	358
10.6 VoIP in kleinen Büros und privaten Haushalten.....	360
10.6.1 Internet-Telefonie und private IP-Adressen.....	360
10.6.2 Bedeutung von STUN.....	362
10.6.3 Koexistenz der Internet-Telefonie mit herkömmlicher Telefonie.....	364
10.6.4 Verlauf der Internet-Telefonie mit SIP bei NAT.....	365
10.7 Schlussbemerkungen.....	367
<b>Literatur, Standards, Webquellen.....</b>	<b>369</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>377</b>
<b>Index.....</b>	<b>383</b>