

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	V
Vorwort	VII
1 Grundlagen	1
1.1 Einführung	1
1.1.1 Pakete im Internet	2
1.1.2 Erste Ansätze	3
1.1.3 VoIP oder NGN	5
1.1.4 Ein Zielnetz oder zunehmende Heterogenität?	7
1.1.5 IP Multimedia Subsystem (IMS)	8
1.1.6 Regulierung	14
1.2 Klassische Netzkonzepte	15
1.2.1 Grundlagen vermittelter Kommunikation	15
1.2.2 Vermittlungsprinzipien	20
1.2.3 Netzeinteilungen	25
1.2.4 Anwendungsebene	29
1.2.5 Das Fernsprechnet	29
1.3 Local Area Networks (LAN)	50
1.3.1 LAN im Referenzmodell	52
1.3.2 Ethernet	53
1.3.3 WiMAX	67
1.4 Das Internet	70
1.4.1 TCP/IP-Protokollfamilie	71
1.4.2 Internetprotokoll (IP)	73
1.4.3 Transport-Protokolle	88
1.4.4 Internetanwendungen	99
1.4.5 Architekturen im öffentlichen Netz	106

2	Verkehrstheorie und Performance	109
2.1	Theoretische Betrachtungen	109
2.1.1	Eigenschaften der IP-Kommunikation	110
2.1.2	Modellierung	111
2.1.3	Selbstähnlichkeit und Hurst-Parameter	131
2.1.4	Fraktaleverteilung	137
2.1.5	Verkehrsmodell	137
2.1.6	Systemauslastung in Abhängigkeit vom Hurst-Parameter	140
2.2	Echtzeitkommunikation in IP-Netzen	143
2.2.1	Mischung IP und Echtzeitkommunikation	143
2.2.2	Wartezeitsystem mit Verlust	144
2.2.3	Probleme für die Echtzeitkommunikation	145
2.2.4	Auswege	146
2.2.5	Trends im Internetverkehr	149
2.2.6	Zusammenfassung	151
3	Quality of Service	155
3.1	Einführung	155
3.2	Sprachcodierungen	156
3.2.1	Puls-Code-Modulationsverfahren G.711	157
3.2.2	Andere Codierungsverfahren	159
3.3	Anforderungen an die Übertragung	162
3.3.1	Verzögerungszeiten	162
3.3.2	Paketverlust	171
3.3.3	Einteilung in Qualitätsklassen	172
3.4	Video-Anwendungen	179
3.5	Fax over IP (FoIP)	188
4	Transportnetze mit gesicherten QoS	189
4.1	Klassische Netze	189
4.2	Dienstgüte im Internet	191
4.2.1	Virtuelle Netze	194
4.2.2	Virtuelle LAN (VLAN)	196
4.3	Differentiated Services	201
4.3.1	Prioritäten	202
4.3.2	Prinzipielle Arbeitsweise	203
4.3.3	Priorisierung	204
4.4	Resource Reservation Protocol	206
4.4.1	RSVP-Nachrichten	208
4.4.2	Nachrichtenablauf	209
4.4.3	Realisierung	210

4.5	Asynchronous Transfer Mode	212
4.5.1	Grundsätzlicher ATM-Ansatz	212
4.5.2	Aufbau und Verwendung von ATM-Zellen	213
4.5.3	Multiplexen	215
4.5.4	ATM im Referenzmodell	215
4.6	Multiprotocol Label Switching	220
4.6.1	Idee und Funktionsweise von MPLS	220
4.6.2	Wege durch das Netz	221
4.6.3	MPLS-Verbindung	224
4.6.4	Überwachung der Verkehrseigenschaften	226
4.6.5	Verkehrsbeispiel	228
4.6.6	Label Distribution Protocol (LDP)	230
4.6.7	Wege durch das Netz	232
4.6.8	GMPLS	233
4.7	IP-Transportnetze	235
4.7.1	Metro-Ethernet/Carrier-Ethernet	235
4.7.2	Carrier-Ethernet-Architektur	239
4.7.3	VLAN-Technik	241
4.7.4	Backbone-Netze	242
4.7.5	Hochverfügbare Systeme	245
4.7.6	Ethernet-Dienste	248
4.7.7	Netz-Management	253
4.8	DSL-Übertragung im Access-Bereich	254
4.9	Zusammenfassung	258
5	Übertragung von Echtzeitinformationen	261
5.1	Real-Time Transport Protocol (RTP)	261
5.1.1	Grundansatz	261
5.1.2	Aufbau der RTP-Nachrichten	262
5.1.3	Informationsaustausch über UDP	266
5.1.4	Informationsaustausch über DCCP	269
5.1.5	Jitter-Ausgleich	269
5.1.6	Übertragung der Nutzinformationen	269
5.1.7	Berechnung der VoIP-Bandbreite	273
5.2	RTP Control Protocol (RTCP)	275
5.2.1	Aufgaben des RTCP	275
5.2.2	RTCP-Nachrichten	276
5.2.3	Ermittlung der Paketlaufzeiten mit RTCP	280
5.3	Real-Time Streaming Protocol (RTSP)	282

5.4	Ausgleich von Paketverlust	283
5.4.1	Paketverlust ist eine Netzeigenschaft	283
5.4.2	Gegenmaßnahmen	283
5.5	Fax-Übertragung im Internet (FoIP)	293
5.6	Gesicherte Übertragung	298
5.6.1	Secure Real-Time Transport Protocol	298
5.6.2	ZRTP	300
6	Die ersten Ansätze mit H.323	301
6.1	Terminals	302
6.1.1	Audio	303
6.1.2	Video	303
6.1.3	Datenübertragung	304
6.1.4	Bearer-Control-Funktion	304
6.1.5	Registration, Admission and Status (RAS)	304
6.1.6	Call Signalling (Verbindungssteuerung)	304
6.1.7	H.225.0-Layer	305
6.1.8	Gateways	305
6.2	Anwendungen der H.323-Architektur	305
6.2.1	Das H.323-Grundkonzept	305
6.2.2	Die Rolle des Gatekeepers	306
6.3	Signalisierung	308
6.3.1	Bearer und Call Control	308
6.3.2	Verbindungssignalisierung	309
6.3.3	Signalisierungsprozeduren	309
6.3.4	Verbindungssteuerung (H.245)	311
6.4	Decomposed Gateway	314
6.5	Signalisierungstransport im Internet	315
6.6	Media Gateway Control Protocol	316
6.6.1	Verbindungsmodell	317
6.6.2	Commands	320
6.6.3	Transaktionen (Transactions)	322
6.6.4	Verbindungsaufbau MEGACO (H.248)	324
7	Session Initiation Protocol (SIP)	327
7.1	Übersicht	327
7.2	Architektur	328
7.2.1	Direkte Kommunikation	329
7.2.2	Proxy-Server	330
7.2.3	Adressen	333

7.3	SIP-Grundlagen	334
7.3.1	Architektur-Einordnung	336
7.3.2	SIP im Referenzmodell	337
7.3.3	SIP-Nachrichten	338
7.3.4	SIP-Request	341
7.3.5	SIP-Response	347
7.4	Architektur	352
7.4.1	Grundsätzlicher Ansatz	352
7.4.2	Einfacher Verbindungsaufbau	356
7.4.3	Direkte Verbindung	357
7.4.4	SIP-Routing	358
7.4.5	Die wichtigsten Komponenten	364
7.4.6	Beispiele für die Netzgestaltung	371
7.4.7	Erweiterte Funktionen	372
7.5	Session Description Protocol	373
7.5.1	Session Description	375
7.5.2	Medienbeschreibung	376
7.5.3	SDP-Angebot/Antwort	379
7.6	Beispiele für Protokollabläufe	384
7.6.1	Registrierung	384
7.6.2	Sprachkommunikation – VoIP	385
7.6.3	VoIP-Modem- und Fax-Verbindungen	387
7.6.4	Verbindungsaufbau mit ENUM-Abfrage	389
7.6.5	Video-Kommunikation	390
7.6.6	Fehlerfälle	393
7.6.7	Umleitung mittels des Redirect-Server	397
7.6.8	Call Forking	398
7.6.9	Automatische Anrufverteilung	399
7.6.10	Halten des Gesprächs	400
7.6.11	Sicherung der SIP-Nachrichten – Timer	401
7.7	Erweiterte SIP-Funktionen	403
7.7.1	Event Notification	404
7.7.2	Presences Service	406
7.7.3	Instant Messaging	408
7.7.4	Provisional Response Acknowledgement	411
7.7.5	UPDATE	412
7.7.6	Preconditions	414
7.7.7	Media Authorization	419
7.7.8	SIP-REFER-Method	425
7.7.9	Gesprächsübernahme (Replace Header)	428

7.7.10 Third-Party Call Control	429
7.7.11 Kompression der SIP-Nachrichten	431
7.7.12 Sprachsteuerung – Interactive Voice	433
7.7.13 SIP-Erweiterungen	434
7.8 Session Announcement Protocol	435
7.9 Network Address Translation	437
8 Architekturen der öffentlichen Netze	443
8.1 Grundsätzliche Forderungen	443
8.2 NGN nach ITU-T	443
8.2.1 Call Control im NGN	444
8.2.2 Interworking mit ISDN	446
8.2.3 Netzübergang zum ISDN	448
8.2.4 Verbindung aus dem ISDN	449
8.2.5 IP-Backbone-Netz	450
8.2.6 Migration des klassischen ISDN zum NGN	452
8.2.7 Intelligente Netze in IP-Umgebungen	458
8.3 Der Teilnehmeranschluss	460
8.3.1 Migration der klassischen Anschlüsse	460
8.3.2 ISDN plus ADSL	461
8.3.3 ADSL ohne ISDN	462
8.3.4 Mit xDSL oder VLAN zum NGN	462
8.3.5 Optische Teilnehmeranschlüsse	463
8.3.6 Fritzbox am klassischen ADSL	464
8.3.7 sipgate-Anschluss	466
8.3.8 VoIP als Alternative zum Telefonanschluss	466
8.3.9 Alternativen	467
8.4 Festlegungen in Privatnetzen	469
8.4.1 VoIP-TK-Anlagen	469
8.4.2 QoS-Anforderungen	471
8.4.3 Leistungsmerkmale	472
8.4.4 SIP-Trunking	473
8.4.5 Skinny Client Control Protocol (SCCP)	474
8.4.6 IP-Centrex	476
8.5 Terminals	478
8.5.1 SIP-Telefon	479
8.5.2 Softphone	480
8.6 UMTS	481
8.6.1 SIP in UMTS	481
8.6.2 UMTS-Netzstruktur für Multimediadienste	485

8.6.3	Erweitere SIP-Abläufe	486
8.7	Authentication, Authorization und Accounting	498
8.7.1	RADIUS, DIAMETER und COPS	498
8.7.2	RADIUS	499
8.7.3	DIAMETER	501
8.7.4	COPS	505
8.8	Sicherheit und Authentifizierung	507
8.8.1	Klassische Ansätze	508
8.8.2	IP-Security (IPsec)	509
8.8.3	Einsatz einer Firewall	511
8.8.4	Authentifizierung mit EAP	512
8.9	Verfügbarkeit	520
8.9.1	Definitionen	520
8.9.2	Netz-Design	523
8.9.3	Hochverfügbarkeit	524
8.9.4	Aufbau eines SIP-Servers	527
8.9.5	Aufbau eines Medien-Servers	528
8.9.6	Hochverfügbare SIP-Server	529
9	IP Multimedia Subsystem	531
9.1	Grundprinzipien	531
9.1.1	Trennung der Funktionen	531
9.1.2	Internetanwendungen	533
9.1.3	IMS-Funktionalitäten	535
9.2	IMS in UMTS und LTE	537
9.3	TISPAN – IMS im Festnetz	539
9.3.1	Network Attachment Subsystem (NASS)	540
9.3.2	Resource Admission and Control Subsystem	541
9.3.3	PSTN/ISDN Emulation Subsystem (PES)	541
9.3.4	Beispiel einer Realisierung	542
9.3.5	Zusammenschaltung von Netzen	545
9.3.6	Generalisiertes IMS-Konzept	547
9.4	Die IMS-Dienstarchitektur	548
9.4.1	Die Steuerungsstruktur im IMS	548
9.4.2	Die Rolle der Application Server (AS)	549
9.4.3	Bearbeitung der Verbindungssteuerung	551
9.4.4	Next Generation IN (NGIN)	556
9.4.5	Private Netze als Applikation	562
9.4.6	Push to talk over Cellular (PoC)	567

Anhang	591
Abkürzungen	591
Quellen	598
Weiterführende Literatur	601