

Inhalt

1	Einführung: Vom Telefon zur Datenautobahn	1
1.1	Was bisher geschah	1
1.2	...und wie es weitergehen könnte	11
1.2.1	Die Entwicklung des öffentlichen Telekommunikationsmarktes	11
1.2.2	Die Entwicklung im Bereich der privaten Netze	21
1.2.3	Die Entwicklung des Internet	23
1.2.4	Die Perspektiven für ATM	25
1.3	Standardisierungsgremien für ATM/B-ISDN und andere relevante Organisationen	27
2	Grundideen des Asynchronen Transfer Modus	33
2.1	Asynchrones Zeitmultiplexverfahren und virtuelle Verbindung	33
2.2	Die Zell-Vermittlungsfunktion	36
2.3	Der virtuelle Pfad und seine Anwendungen	38
2.4	Zwischenpufferung in ATM-Netzen	42
2.4.1	Gründe für die Zwischenpufferung	42
2.5	Verkehrssteuerung in ATM-Netzen	46
3	Architekturkonzepte und Schnittstellen für ATM und B-ISDN	49
3.1	Funktionen und Struktur des B-ISDN	50
3.2	Vermittlung von virtuellen Pfaden und Kanälen	52
3.3	Das Protokoll-Referenzmodell des B-ISDN	55
3.4	Die Breitband-Schnittstellen	56
4	Funktionen der ATM-spezifischen Schichten	62
4.1	Überblick über die Funktionen	62
4.2	Die physikalische Schicht	65
4.2.1	Die PMD-Subschicht	65
4.2.2	Die TC-Subschicht	67

4.2.2.1	Erzeugung und Erkennung des Übertragungsrahmens	69
4.2.2.2	Anpassung des Zellstroms an den Übertragungsrahmen	71
4.2.2.3	Fehlersicherung für den Zellkopf	73
4.2.2.4	Erkennen der Zellgrenzen	75
4.2.2.5	Entkoppeln der Zellrate von der Übertragungsrate	77
4.2.2.6	Die UTOPIA-Schnittstelle	77
4.2.2.7	Verfahren zum inversen Multiplexen	78
4.3	Die ATM-Schicht	78
4.3.1	Das ATM-Zellformat	79
4.3.2	Die Generische Flusssteuerung	80
4.3.3	Die Verbindungskennung	83
4.3.4	Die Funktionen des PT-Feldes	85
4.3.5	Das CLP-Bit	86
4.3.6	Die Dienst-Schnittstellen der ATM-Schicht	87
4.3.7	Mehrpunktverbindungen auf der ATM-Schicht	88
4.4	Die ATM-Anpassungsschicht (AAL)	90
4.4.1	Diensteklassen und AAL-Typen	90
4.4.2	Der AAL Typ 1	92
4.4.3	Die SAR-Subschicht des AAL Typ 1	93
4.4.4	Die CS-Subschicht des AAL Typ 1	94
4.4.5	Der AAL Typ 3/4	96
4.4.5.1	Funktionen und Struktur	96
4.4.5.2	Die SAR-Subschicht	99
4.4.5.3	Die CPCS-Subschicht	100
4.4.6	Der AAL Typ 5	101
4.4.6.1	Die SAR-Subschicht	102
4.4.6.2	Die CPCS-Subschicht	102
5	Verkehrssteuerung und statistisches Multiplexen	104
5.1	Verbindungstypen	104
5.1.1	Deterministische Bitrate (Deterministic Bit Rate, DBR)	105
5.1.2	Statistische Bitrate (Statistical Bit Rate, SBR)	106
5.1.3	Verfügbare Bitrate (Available Bit Rate, ABR)	106
5.1.4	ATM-Block-Übertragung (ATM Block Transfer, ABT)	107
5.1.5	Nicht Spezifizierte Bitrate (Unspecified Bit Rate, UBR)	108
5.2	Parameter zur Beschreibung der Übertragungsgüte auf der ATM-Schicht	108
5.2.1	Zellverlustwahrscheinlichkeit	108
5.2.2	Zellverzögerung	109
5.2.3	Zellverzögerungs-Schwankungen	109
5.3	Der Verkehrsvertrag	111
5.3.1	Die Spitzenzellrate einer ATM-Verbindung	112

5.3.2	Der „Generic Cell Rate“-Algorithmus (GCRA)	113
5.3.3	CDV-Toleranz	115
5.3.4	Die andauernd erlaubte Zellrate (Sustainable Cell Rate, SCR) und die Burst-Toleranz	117
5.3.5	Weitere Bestandteile von Verkehrsverträgen	118
5.3.6	Verkehrs- und Güteparameter verschiedener Verbindungstypen	119
5.4	Überwachung von ATM-Zellströmen	119
5.4.1	Policing-Algorithmen	121
5.4.2	Vergleich von Policing-Algorithmen	123
5.4.3	UPC-Konfigurationen	125
5.5	Traffic Shaping	128
5.5.1	Reduktion der Spitzenzellrate innerhalb des Netzes	129
5.5.2	Reduktion von Zellverzögerungs-Schwankungen	130
5.5.3	Traffic Shaping bei Virtuellen Pfaden	131
5.6	Prioritätensteuerung in ATM-Netzen	131
5.6.1	Prioritäten innerhalb einer Verbindung	131
5.6.2	Zeitprioritäten	134
5.6.3	Verbindungsspezifische Prioritäten	135
5.7	Verbindungsannahme-Algorithmen	138
5.7.1	Grundlagen des statistischen Multiplexens in ATM-Netzen .	139
5.7.2	Verbindungsannahme-Algorithmen für Verkehr mit Echtzeit- anforderungen	145
5.7.2.1	Spitzenzellraten-Reservierung	145
5.7.2.2	Lineare Zuteilung von Übertragungskapazität	146
5.7.2.3	Faltungsalgorithmen und verwandte Approximationen . . .	146
5.7.2.4	Sigma-Regel	148
5.7.3	Verbindungsannahme-Algorithmen für Verkehr ohne Echt- zeitanforderungen	151
5.7.4	Weitere Verbindungsannahme-Algorithmen	153
5.8	Schnelle Ressourcenzuteilung	153
5.8.1	Reservierung von Übertragungskapazität	153
5.8.2	Reservierung von Pufferkapazität	155
5.8.3	Die Flußkontrolle für ABR-Verkehr	156
5.9	Einsatz virtueller Pfade	158
5.10	Überlastbehandlung auf der ATM-Schicht	159
5.10.1	Selektives Verwerfen von Zellen	159
5.10.2	Frühzeitiges Verwerfen von Paketen	160
5.10.3	Explizite Anzeige einer Überlast	160
6	Managementkonzepte für Breitbandnetze	161
6.1	Schichtspezifische Managementfunktionen im ATM-Transportnetz	163

6.1.1	Das Konzept der OAM-Flüsse	163
6.1.2	OAM-Funktionen der Physikalischen Schicht	167
6.1.2.1	Fehlererkennung und Alarmierung (Fault Management) . . .	167
6.1.2.2	Dauernde Überwachung der Übertragungsqualität (Performance Management)	168
6.1.2.3	Zusätzliche systemspezifische Funktionen	169
6.1.3	OAM-Funktionen der ATM-Schicht	169
6.1.3.1	Fehlererkennung und Alarmierung durch AIS/RDI	170
6.1.3.2	Kontinuitätsprüfung (Continuity Check)	171
6.1.3.3	Betriebsbegleitende Schleifenbildung (Loopback)	171
6.1.3.4	Überwachung der Übertragungsgüte (Performance Monitoring)	172
6.1.3.5	Das Format der OAM-Zellen	173
6.1.4	Verkehrsmessungen auf der ATM-Schicht	174
6.2	Die ILMI-Definitionen des ATM-Forums	176
6.3	Managementfunktion der Netzebene	181
6.3.1	Übersicht über die Standardisierungsaktivitäten	181
6.3.2	Typische Funktionen von Netzmanagement-Systemen für ATM-Netze	184
6.3.3	Sicherheitsaspekte im Bereich des Netzmanagements . . .	189
6.4	Netzmanagement-Plattformen	191
6.5	Vergebührungsprinzipien	194
7	Zeichengabe in ATM-Netzen	197
7.1	Die ATM-Anpassungsschicht für die Zeichengabe	198
7.1.1	Die Funktionen der SSCOP-Teilschicht	199
7.1.2	Die Funktionen der SSCF-Teilschicht	204
7.1.2.1	Die Funktionen der SSCF-Teilschicht am UNI	206
7.1.2.2	Die Funktionen der SSCF-Teilschicht am NNI	207
7.2	Teilnehmersignalisierung	208
7.2.1	Die Teilnehmersignalisierung gemäß ITU-T Q.2931 . . .	208
7.2.1.1	Einfache Verbindungssteuerung	211
7.2.1.2	Struktur der Schicht 3-Meldungen	215
7.2.1.3	Zusätzliche Dienstmerkmale	219
7.2.2	Die Teilnehmersignalisierung gemäß ATM-Forum . . .	220
7.2.3	Weiterentwicklung der Teilnehmersignalisierung . . .	224
7.2.4	Meta-Signalisierung	226
7.3	Die CCS7-Zeichengabe für das B-ISDN	228
7.3.1	Der Anwenderteil für das B-ISDN (B-ISUP)	229
7.4	PNNI-Signalisierung	236
7.4.1	PNNI-Protokolle für die Verbindungssteuerung	237
7.4.2	Die logische Struktur von PNNI-Netzen	239

8	Anwendungen, Dienste und Interworking	243
8.1	Anwendungen für eine Breitband-Infrastruktur	243
8.1.1	Anwendungen im geschäftlichen Bereich	244
8.1.2	Anwendungen im privaten Bereich	247
8.2	Das Dienstkonzept des B-ISDN	252
8.3	Breitband-Übermittlungsdienste	255
8.4	Unterstützung bestehender Dienste	256
8.4.1	Schmalbanddienste	257
8.4.1.1	Pakettierte Übermittlung isochroner Signale mit dem AAL Typ 1	261
8.4.1.2	Strukturierte Übermittlung isochroner Signale	263
8.4.1.3	64 kbit/s-Sprache über ATM	264
8.4.2	Datendienste	269
8.4.2.1	Frame Relay	269
8.4.2.2	Verbindungslose Dienste	273
8.4.2.3	IP über ATM	276
8.4.2.4	Die ATM-DXI-Schnittstelle	283
9	Netzstrukturen für das Informationszeitalter	285
9.1	Die übertragungstechnische Infrastruktur für ATM-Netze . .	288
9.2	Einführungsstrategien für öffentliche ATM-Breitbandnetze .	290
9.3	Grundlegende Strukturprinzipien für ATM-Breitbandnetze .	292
9.4	Prinzipielle Klassifizierung von ATM-Netzelementen	296
9.5	Netzstrukturen in privaten Firmennetzen	301
9.6	Netzelemente in öffentlichen ATM-Netzen und ihre Funktionen	307
9.7	Breitband-Anschlußnetze für Privatteilnehmer	316
9.7.1	PON-basierte Breitband-Zugangsnetze	317
9.7.2	HFC-Anschlußnetze	322
9.8	Anwendungsszenarien für ATM-basierte Breitbandnetze . .	325
9.8.1	Vernetzung von MANs	325
9.8.2	Vernetzung von Firmenstandorten	327
9.8.3	ATM-Netze als Internet-Backbones	329
9.8.4	Breitbandige Versorgung der Privatteilnehmer	331
9.8.5	Übernahme des Fernverkehrs aus dem Schmalbandnetz . .	333
9.8.6	ATM-basierte Stadtnetze	334
9.9	Beispiele für bestehende ATM-Netze	336
10	Architekturen für ATM-Vermittlungsknoten	341
10.1	Generische Knotenarchitektur	341
10.2	Leitungsmodule	343
10.3	ATM-Verbindungsnetzwerke	349
10.3.1	Prinzipielle Überlegungen zur Zwischenspeicherung in ATM-Verbindungsnetzwerken	350

10.3.2	Strukturen mit gemeinsamem Übertragungsmedium	360
10.3.3	Strukturen mit mehrstufigen Koppelfeldern	361
10.3.3.1	Blockierungsverhalten von ATM-Koppelfeldern	362
10.3.3.2	Pufferung in ATM-Koppelfeldern	363
10.3.3.3	Prinzip der Zellvermittlung	365
10.3.3.4	Internes Verbindungskonzept	365
10.3.3.5	Topologie mehrstufiger Koppelfelder	367
10.3.3.6	Banyan-Netzwerke	368
10.3.3.7	Trichter-Koppelfelder	369
10.3.3.8	Knockout-Koppelfelder	371
10.3.3.9	Koppelfelder mit seriellem Eingangsbus	372
10.3.3.10	Erweiterung von Koppelfeldern mit einfacher Wegemöglichkeit	373
10.3.3.11	Verwendung klassischer mehrstufiger Gruppierungen	375
10.3.4	Multicast-Unterstützung in ATM-Verbindungsnetzwerken . .	377
10.4	Zentrale Steuerung	380
10.4.1	Funktionen der zentralen Steuerung	380
10.4.2	Implementierungskonzepte	382
10.4.2.1	Hardware für die zentrale Steuerung	383
10.4.2.2	Infrastruktur für die interne Steuerkommunikation	384
10.4.2.3	Software für die zentrale Steuerung	386
10.5	Verfügbarkeit	392
10.5.1	Doppelungsstrategien	395
10.5.2	Netzweite Redundanzmechanismen	398
10.5.3	Knoteninterne Redundanzmechanismen	401
10.6	Technologieaspekte	403
10.7	Beispiel für einen ATM-Knoten	407
10.7.1	Die Gesamtarchitektur des MainStreetXpress 36190 Kernnetzknotens	407
10.7.2	Das Koppelfeld	410
10.7.3	Die Leitungsmodule	413
10.7.4	Die SMU	419
10.7.5	Die zentrale Steuerung	422
11	Grundlagen: Prinzipien, Netze und Protokolle	425
11.1	Prinzipien	425
11.1.1	Verbindungskonzepte und Vermittlungsverfahren	425
11.1.2	Netztopologien	428
11.1.2.1	Topologien mit zentralen Vermittlungsknoten	428
11.1.2.2	Topologien mit gemeinsamem Übertragungsmedium	429
11.1.3	OSI	431
11.2	Netze und Protokolle	437
11.2.1	ISDN	437

11.2.1.1	Grundprinzipien des ISDN	437
11.2.1.2	Die Benutzer-/Netzzeichengabe im ISDN	443
11.2.1.3	Das Zentralkanal-Zeichengabesystem CCS7	449
11.2.2	Lokale Netze	453
11.2.3	Internet	457
11.2.4	Protokolle für öffentliche Datennetze	459
11.2.4.1	X.25	459
11.2.4.2	Frame Relay	461
11.2.4.3	SMDS/CBDS	463
11.2.4.4	TCP/IP	464
11.3	Management von Kommunikationsnetzen	467
11.3.1	Das TMN-Konzept	468
11.3.2	Das Simple Network Management Protocol (SNMP)	478
11.4	Übertragungstechnik	479
11.4.1	Die plesiochrone digitale Hierarchie (PDH)	480
11.4.2	Die synchrone digitale Hierarchie (SDH) und SONET	482
12	Anhang: ATM Standards und Spezifikationen	487
12.1	Übersicht über die Empfehlungen von ITU-T	487
12.2	Übersicht über die Spezifikationen des ATM-Forums	491
13	Anhang: Abkürzungsliste	493
Literaturverzeichnis		507