

Peter C. Lockemann
Gerhard Krüger
Heiko Krumm

Telekommunikation und Datenhaltung

Unter Mitwirkung von
Klaus Radermacher und Alexander Schill

Mit 330 Bildern



Carl Hanser Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
TEIL I Kommunikationssysteme: Kommunikation und Kooperation	1
1 <i>Informations- und Kommunikationssysteme</i>	3
1.1 Ein einführendes Beispiel	3
1.1.1 Informationssystem einer Fluggesellschaft	3
1.1.2 Buchungsdialoge	9
1.2 Zwei Sichten des Systems	13
1.3 Kommunikationssysteme	15
2 <i>Dienste und Protokolle</i>	17
2.1 Dienste	17
2.1.1 Der Begriff des Dienstes	17
2.1.2 Kommunikationsdienste	18
2.2 Kommunikationsprotokolle	19
2.3 Dienstqualität	20
3 <i>Kommunizierende und kooperierende Instanzen</i>	23
3.1 Instanzen	23
3.1.1 Statische Charakterisierung	23
3.1.2 Dynamische Charakterisierung	24
3.2 Interaktionsformen	25
3.2.1 Grundformen der Interaktion	25
3.2.2 Kooperation	26
3.2.3 Kommunikation	27
3.2.4 Dienstleistungsbeziehung	28
3.2.4.1 Grundform	28
3.2.4.2 Mehrfachbeauftragung	29
3.2.4.3 Parallelität	31
3.2.5 Konflikte	31
3.2.5.1 Verklemmungen	31
3.2.5.2 Behandlung von Verklemmungen	33
3.3 Telekommunikation und Datenhaltung	34

TEIL II	Kommunikation: Telekommunikationssysteme	37
4	<i>Telekommunikationssysteme</i>	39
4.1	Logische Architektur von Telekommunikationssystemen	41
4.2	Transportorientierte und anwendungsorientierte Dienste	42
4.3	Funktionalität von Telekommunikationsdiensten	44
4.3.1	Dienstschnittstelle	45
4.3.2	Grundformen von Dienstleistungen	49
4.3.3	Verbindungsorientierte Dienste und Dienstleistungen	51
4.4	Qualität von Telekommunikationsdiensten	53
4.4.1	Störsicherheit	53
4.4.2	Technische Leistung	55
4.4.3	Schutz	55
4.5	Telekommunikationsprotokolle	56
	Übungsaufgaben	59
	Literatur	61
5	<i>Basisdienste - Physikalische Medien</i>	63
5.1	Übertragungssysteme	64
5.1.1	Nachrichtentechnischer Kanal	66
5.1.1.1	Signalklassen	66
5.1.1.2	Schrittgruppen	68
5.1.1.3	Parallel- und Serienübertragung	69
5.1.1.4	Synchronisation	70
5.1.1.5	Codierung	72
5.1.1.6	Kanal – Qualitätsparameter	74
5.1.1.7	Sammelkanäle	75
5.1.2	Physikalische Medien	76
5.1.2.1	Qualität physikalischer Medien	76
5.1.2.2	Verwendete physikalische Medien	79
5.1.2.3	Geteilte Medien	81
5.1.3	Übertragungsverfahren und Umformung	83
5.2	Vermittlungssysteme	85
5.2.1	Logische Schichtenarchitektur	87
5.2.2	Netz-Topologien	88
5.2.3	Durchschaltvermittlung	90
5.2.4	Speichervermittlung	93
5.3	Datenübertragungseinrichtungen und Schnittstellen	95
5.3.1	Peripheriegeräteanschluß	95
5.3.1.1	Externe Schnittstellen	96
5.3.1.2	Gerätezugriff	96
5.3.2	Anschluß an öffentliche Netze	97

5.3.2.1	Schnittstelle nach V. 24, V. 25	99
5.3.2.2	Schnittstelle nach X.21	100
5.3.2.3	Externe Schnittstellen im ISDN	101
5.3.3	Anschluß an lokale Netze	103
Übungsaufgaben	105
Literatur	108
6	<i>Telekommunikationsdienste und Protokolle</i>	109
6.1	Beschreibung von Telekommunikationsdiensten	109
6.1.1	Dienstschnittstelle	110
6.1.2	Dienstzugangspunktadressen	111
6.1.3	Dienstprimitive	111
6.1.4	Weg-Zeit-Diagramme	112
6.1.5	Zustandsübergangdiagramme	114
6.2	Verbindungsorientierte Dienste	117
6.2.1	Adressen und Verbindungsendpunkte	118
6.2.2	Verbindungseigenschaften	120
6.2.2.1	Dienstleistungsqualitäten	121
6.2.2.2	Richtungsbetrieb und Rechtevergabe	122
6.2.2.3	Verbindungsklassen	124
6.2.2.4	Auslieferungsdiziplin	125
6.2.2.5	Rückstau	126
6.2.3	Verbindungsaufbau	126
6.2.3.1	Parametertypen	127
6.2.3.2	Dienstprimitive	128
6.2.4	Datenaustausch	129
6.2.4.1	Unbestätigter Datenaustausch	130
6.2.4.2	Bestätigter Datenaustausch	131
6.2.5	Verbindungsabbau	132
6.2.6	Verbindungsabbruch	133
6.3	Datagramm-Dienste	134
6.4	Telekommunikationsprotokolle	135
6.4.1	Beschreibung der Protokollfunktionalität	136
6.4.1.1	Ablauf festlegungen	136
6.4.1.2	PDU-Format-Festlegungen	139
6.4.1.2.1	Bitmuster-PDU-Formate	139
6.4.1.2.2	Anwendungsprotokoll-PDU-Formate	140
6.5	Einfaches Beispiel	141
6.5.1	Zieldienst O	142
6.5.2	Basisdienst U	143
6.5.3	Instanz E	144
6.5.4	Schlußbetrachtung	147
6.5.4.1	Protokollkorrektheit	147

6.5.4.2	Protokoll-Leistungsfähigkeit	151
6.5.4.3	Realitätsnähe des Beispiels	158
6.6	Protokollmechanismen	159
6.6.1	Fehlererkennung	160
6.6.1.1	Fehlererkennende Codes	161
6.6.1.2	Sequenzzahl zur Reihenfolgesicherung	164
6.6.1.3	Zeitstempel	166
6.6.1.4	Quittieren	166
6.6.1.5	Zeitüberwachung	168
6.6.2	Fehlerbehebung	170
6.6.2.1	Fehlerkorrigierende Codes	170
6.6.2.2	Ignorieren	170
6.6.2.3	Wiederholung	171
6.6.2.4	Rücksetzen.	171
6.6.3	Längen Anpassung	171
6.6.4	Flußkontrolle	173
6.6.5	Weiterleiten	175
6.6.6	Übertragungsleistungsanpassung	177
6.6.7	Zuteilung geteilter Medien	178
6.6.7.1	Zentrale Zuteilung nach Bedarf	180
6.6.7.2	Dezentrale Zuteilung unter Konkurrenz	180
6.6.7.3	Dezentrale Zuteilung durch zirkulierendes Recht	183
6.6.8	Zusammenfassung	185
	Übungsaufgaben	188
	Literatur	191
7	<i>ISO/OSI-Schichtenarchitektur</i>	193
7.1	Aufgabenaufteilung der Schichten	193
7.2	<i>ISO/OSI-Basisreferenzmodell</i>	195
7.2.1	Funktionelle und qualitative Schichtung	195
7.2.2	Diensthierarchie	197
7.2.2.1	Transportsystem	197
7.2.2.2	Anwendungen	200
7.2.3	Protokolle	202
7.2.4	Zusammenfassung der Strukturüberlegungen	203
7.3	Transportorientierte Schichten	205
7.3.1	Bitübertragungsschicht	205
7.3.2	Sicherungsschicht	208
7.3.2.1	Dienste der Sicherungsschicht	208
7.3.2.2	HDLC-Sicherungsprotokoll	211
7.3.2.3	Netzwerkkopplung auf Schicht 2	215
7.3.3	Vermittlungsschicht	216

7.3.3.1	Vermittlungsdienste und -protokolle	216
7.3.3.2	X.25	218
7.3.3.3	Netzwerkkopplung auf Schicht 3	221
7.3.4	Transportschicht	224
7.3.4.1	Transportprotokollklassen	226
7.3.4.2	TP4	227
7.3.4.3	TCP	231
7.4	Anwendungsorientierte Schichten	232
7.4.1	Kommunikationssteuerungsschicht	232
7.4.1.1	Aufgaben	232
7.4.1.2	Kommunikationssteuerungsdienste	233
7.4.1.3	Kommunikationssteuerungsprotokoll	241
7.4.2	Darstellungsschicht	241
7.4.2.1	Aufgaben	241
7.4.2.2	Darstellungsdienste	246
7.4.2.3	Darstellungsprotokoll	247
7.4.3	Anwendungsschicht	247
7.4.3.1	Assoziationskontrolle – ACSE	249
7.4.3.2	Abgesetzte Operationen – ROSE	252
7.4.3.3	Zuverlässiger Datentransfer – RTSE	255
7.4.3.4	Dateitransfer – FTAM	256
	Übungsaufgaben	261
	Literatur	265
8	<i>Systemunterstützung für verteilte Anwendungen</i>	267
8.1	Verteilte Anwendungen	267
8.1.1	Einführung und Terminologie	267
8.1.2	Charakteristika und Anforderungen	269
8.2	Client-Server-Modell	272
8.3	Netzfähige Rechner	274
8.3.1	Systemmodell	274
8.3.2	Systembeispiele	276
8.4	Betriebssystemunterstützung für verteilte Anwendungen	277
8.4.1	Verteilte Betriebssysteme	278
8.4.2	Netzbetriebssysteme	280
8.4.3	Bezug zu Standardisierungsbestrebungen	282
8.4.4	Beispielsystem: Das OSF Distributed Computing Environment	283
8.4.5	Anwendungsbeispiel für DCE	285
8.5	Remote Procedure Call	288
8.5.1	Genereller Ablauf eines RPC	288
8.5.2	RPC-Schnittstellenbeschreibung	290
8.5.3	RPC-Bindevorgang zwischen Client und Server	293

8.6	Verteilte Programmiersprachen	294
8.6.1	Basismodell und Eigenschaften	294
8.6.2	Typische Sprachprimitive	296
	Übungsaufgaben	298
	Literatur.	300

TEIL III **Kooperation: Datenhaltungssysteme** 301

9	<i>Datenbankdienste und -protokolle</i>	303
9.1	Datenhaltungsdienste	303
9.1.1	Dienstfunktionen	303
9.1.2	Kongruenz	304
9.1.3	Konsistenz	306
9.1.3.1	Grenzen der Kongruenz	306
9.1.3.2	Datenmodelle und Modellkonsistenz	307
9.1.3.3	Datenbasisschemata und Schemakonsistenz	309
9.1.3.4	Konsistenzbedingungen	311
9.1.3.5	Gewährleistung der Konsistenz	313
9.1.3.6	Auf dem Weg zur Kongruenz: Transaktionsprozeduren	313
9.1.4	Persistenz	314
9.2	Datenbasistransaktionen	315
9.3	Datenhaltungsprotokolle	316
9.3.1	Sprachen	316
9.3.2	Transaktionsprozeduren	317
9.3.3	Konkurrenz	317
9.4	Datenbanksysteme	318
	Übungsaufgaben	319
10	<i>Dateiverwaltung</i>	321
10.1	Basisschichten der Datenhaltung	321
10.2	Physikalische Speichergeräte	322
10.2.1	Gerätearchitekturen und -parameter	322
10.2.2	Dienste	325
10.2.3	Protokolle	327
10.3	Logische Speichergeräte	327
10.4	Dateiverwaltungssysteme	329
10.4.1	Dienste	329
10.4.1.1	Datenmodell	329
10.4.1.2	Dienstfunktionen	329
10.4.1.3	Datenbasisschema	330

10.4.1.4	Persistenz	331
10.4.2	Dateiorganisation	332
10.4.2.1	Schlüsselorganisation	332
10.4.2.2	Sequentielle Organisation	332
10.4.2.3	Schlüsselsequentielle Organisation	333
10.4.2.4	Direkte Organisation	333
10.4.3	Protokolle	334
10.4.3.1	Kooperation	334
10.4.3.2	Anlegen, Auf- und Abschließen	335
10.4.3.3	Fehlerbehandlung	336
10.4.3.4	Sprachen	336
10.4.3.5	Konkurrenz	337
10.4.4	Abbildung auf die Geräteebene	338
10.4.4.1	Satzabbildung	338
10.4.4.2	Schlüsselorganisation	340
10.4.4.3	Sequentielle Organisation	341
10.4.4.4	Schlüsselsequentielle Organisation	342
10.4.4.5	Dateikatalog	344
10.4.4.6	Speicherplatzverwaltung	345
10.4.4.7	Pufferung	345
	Übungsaufgaben	346
	Literatur	347
11	<i>Datenbanksysteme</i>	349
11.1	Dienste relationaler Datenbanksysteme	349
11.1.1	Relationales Datenmodell	349
11.1.2	Relationale Datenbasisschemata	351
11.1.3	Dienstprimitive	358
11.1.3.1	Relationenalgebra	358
11.1.3.2	Selektion	359
11.1.3.3	Projektion	360
11.1.3.4	Kartesisches Produkt	361
11.1.3.5	Vereinigung und Differenz	363
11.1.3.6	Durchschnitt	364
11.1.3.7	Verbindung	364
11.1.3.8	Division	365
11.1.3.9	Hilfsfunktion: Umbenennung	367
11.1.4	NULL-Werte	367
11.2	Entwurf relationaler Datenbasisschemata	368
11.2.1	Datenbankentwurf	368
11.2.1.1	Semantische Datenmodelle und Schemata	368
11.2.1.2	Gegenstandswelten	369
11.2.1.3	Konsistenzbedingungen	370
11.2.2	Gegenstand-Beziehungs-Modell	370

11.2.2.1	Grundkonzepte	370
11.2.2.2	Erweiterungen	373
11.2.2.3	Abbildungsregeln	377
11.2.3	Normalisierung	379
11.2.3.1	Funktionale und mehrwertige Abhängigkeiten.	379
11.2.3.2	Normalformen	382
11.2.3.3	Korrekte Zerlegungen	384
11.3	Protokolle	386
11.3.1	Interaktives SQL	386
11.3.1.1	Grundstruktur	386
11.3.1.2	Suchanfragen	387
11.3.1.3	Änderungsanfragen	393
11.3.2	Eingebettetes SQL.	394
11.3.3	Sichten	395
11.3.3.1	Virtuelle Relationen	395
11.3.3.2	Sichten auf die Miniwelt	397
11.3.3.3	Sichtenänderungen	398
11.3.4	Transaktionsprozeduren	399
11.3.5	Konsistenzbedingungen	399
11.3.6	Persistenz	400
11.3.7	Datenschutz	400
	Übungsaufgaben	403
	Literatur.	413
12	<i>Transaktionsverwaltung</i>	415
12.1	Eigenschaften von Transaktionen	415
12.1.1	Transaktionsparadigmen	415
12.1.2	Transaktionsmodell	417
12.1.2.1	Transaktionszustände	417
12.1.2.2	Modell für den Datentransport	418
12.2	Isolation	420
12.2.1	Konkurrenz	420
12.2.1.1	Inkonsistenzen	420
12.2.1.2	Serialisierbarkeit	433
12.2.2	Pessimistische Synchronisation	434
12.2.2.1	Sperren	434
12.2.2.2	Zwei-Phasen-Sperr-Protokoll	435
12.2.2.3	Warteschlangenverwaltung	442
12.2.2.4	Verklemmungen	443
12.2.2.5	Zeitmarkenverfahren	446
12.2.3	Optimistische Synchronisation	447
12.3	Atomizität	448
12.3.1	Rücksetzen.	448

12.3.1.1	Fehlerquellen	448
12.3.1.2	Verdrängungs- und Einbringstrategien	448
12.3.1.3	Partielles und vollständiges Rücksetzen	449
12.3.1.4	Kaskadierendes Rücksetzen	452
12.3.2	Festschreiben	453
12.3.2.1	Auslagerungsstrategien	453
12.3.2.2	Zwei-Phasen-Commit	455
12.4	Konsistenz	457
12.5	Dauerhaftigkeit	458
12.5.1	Systemzusammenbruch	458
12.5.2	Datenträgerverlust	459
	Übungsaufgaben	461
	Literatur.	466
13	<i>Architektur von Datenbanksystemen</i>	469
13.1	Grundsätze der Schichtung	469
13.2	Funktionale Schichtung.	473
13.3	Transaktionsverwaltung	475
13.4	Datenwörterbuch	477
	Übungsaufgaben	480
	Literatur.	480
14	<i>Implementierung von Datenbanksystemen</i>	481
14.1	Satzschnittstelle	481
14.1.1	Dienste	481
14.1.1.1	Datenmodell	481
14.1.1.2	Datenbasisschema	482
14.1.1.3	Dienstprimitive	482
14.1.2	Protokolle	484
14.1.2.1	Datendefinition	484
14.1.2.2	Datenmanipulation	485
14.1.2.3	Subschemata	487
14.2	Anfragebearbeitung	487
14.2.1	Strukturabbildungen	487
14.2.2	Realisierung des Verbindungsoperators	488
14.2.3	Anfrageoptimierung.	490
14.3	Segmentschnittstelle	494
14.4.	Satzspeicherung und physische Zugriffspfade	497
14.4.1	Strukturabbildungen	497
14.4.1.1	Abbildung von Satzmengen	497
14.4.1.2	Abbildung von Sätzen	497

14.4.1.3	Satzbündelung	498
14.4.1.4	Satzadressierung	500
14.4.1.5	Abbildung der Satzstruktur	501
14.4.2	Indexstrukturen	503
14.4.2.1	Mehrwegbäume	503
14.4.2.2	B ⁺ -Bäume	505
14.4.3	Hash-Strukturen	508
14.4.3.1	Adreßberechnung	508
14.4.3.2	Statische Hash-Verfahren	510
14.4.3.3	Dynamische Hash-Verfahren	513
14.4.4	Verknüpfungspfade	515
14.5	Einbringstrategie und Pufferverwaltung	517
14.5.1	Strukturabbildungen	517
14.5.2	Einbringstrategien	519
14.5.2.1	Direkte Einbringstrategie	519
14.5.2.2	Indirekte Einbringstrategie	519
14.5.3	Pufferverwaltung	522
14.5.3.1	Datenbankpuffer	522
14.5.3.2	Suchstrategie	523
14.5.3.3	Ersetzungsstrategie	524
14.6	Transaktionsverwaltung	526
14.6.1	Seitenorientierte Transaktionsverwaltung	526
14.6.1.1	Konsistenz, Isolation und Atomizität	526
14.6.1.2	Sicherung beim Schattenspeicher	526
14.6.2	Transaktionsverwaltung in Schichtenarchitekturen	527
	Übungsaufgaben	533
	Literatur.	538
15	<i>Moderne Ansätze</i>	541
15.1	Nicht-normalisierte Relationen	541
15.2	Objektorientierte Datenbanken	547
15.2.1	Motivation	547
15.2.2	Grundlegende Eigenschaften	549
15.3	Deduktive Datenbanken	551
15.4	Architekturbetrachtungen	554
15.4.1	Einflüsse auf die Architektur	554
15.4.2	Einflüsse auf die Transaktionsverwaltung	556
	Übungsaufgaben	557
	Literatur.	558

TEIL IV	Kommunikation und Kooperation im Zusammenspiel	561
16	<i>Verteilte Datenbanksysteme</i>	563
16.1	Verteilte Datenhaltung	563
16.1.1	Motivation, Definition und Eigenschaften	563
16.1.2	Transparenz	565
16.1.3	Systemarchitektur	567
16.2	Verteilte Speicherung	569
16.2.1	Fragmentierung und Ortszuweisung	569
16.2.1.1	Fragmentierung	569
16.2.1.2	Korrektheit der Fragmentierung	574
16.2.1.3	Ortszuweisung	575
16.2.2	Datenbankentwurf	576
16.2.2.1	Entwurfsphasen	576
16.2.2.2	Fragmentierung	576
16.2.2.3	Ortszuweisung	577
16.2.3	Globales Datenwörterbuch	578
16.3	Verteilte Transaktionen	579
16.3.1	Isolation	581
16.3.1.1	Serialisierbarkeit	581
16.3.1.2	Sperrverfahren	581
16.3.1.3	Zeitmarkenverfahren	587
16.3.1.4	Verklemmungen	589
16.3.2	Konsistenz	592
16.3.3	Atomizität	596
16.3.3.1	Vorüberlegungen	596
16.3.3.2	Festschreiben: Zwei-Phasen-Commit	598
16.3.3.3	Rücksetzen	601
16.4	Verteilte Anfragebearbeitung	602
16.4.1	Einfluß der Verteilung	602
16.4.2	Verteilte relationale Verbindungsoperation	603
16.4.2.1	Parallele Verbindungsoperation	603
16.4.2.2	Halbverbindungen	608
16.4.3	Anfrageoptimierung	610
16.4.3.1	Optimierungsziele	610
16.4.3.2	Vorgehensweise	611
16.4.3.3	Ein Beispiel	615
16.5	Unterstützung durch Telekommunikationsdienste	620
16.5.1	Grundlegende Dienste	620
16.5.2	Transaktionsprotokolle: CCR und TPASE	621
16.5.3	Fernzugriff auf Daten: RDA	626
	Übungsaufgaben	628
	Literatur	631

17	<i>Adaptives Routing</i>	633
17.1	Charakterisierung adaptiver Routing-Verfahren	633
17.1.1	Wegewahl	633
17.1.2	Modellierung durch Relationen	635
17.1.3	Konsistenz	635
17.2	Beispiel: Routing-Verfahren im ARPANET	637
17.2.1	Der ursprüngliche ARPANET Routing-Algorithmus	637
17.2.2	Der neue Routing-Algorithmus	639
17.3	Persistente Datenablage in Telekommunikationssystemen	644
	Literatur	645
	Sachwortverzeichnis	647