

**Informationstechnik  
und  
Datenverarbeitung**



## **Reihe „Informationstechnik und Datenverarbeitung“**

---

- M. M. Botvinnik: Meine neuen Ideen zur Schachprogrammierung. Übersetzt aus dem Russischen von A. Zimmermann. X, 177 S., 42 Abb. 1982.
- K. L. Bowles: Pascal für Mikrocomputer. Übersetzt aus dem Englischen von A. Kleine. IX, 595 S., 107 Abb. 1982.
- W. Kilian: Personalinformationssysteme in deutschen Großunternehmen. Ausbaustand und Rechtsprobleme. Unter Mitarbeit von T. Heissner, B. Maschmann-Schulz. XV, 352 S. 1982.
- A. E. Çakir (Hrsg.): Bildschirmarbeit. Konfliktfelder und Lösungen. XI, 256 S., 75 Abb. 1983.
- W. Duus, J. Gulbins: CAD-Systeme. Hardwareaufbau und Einsatz. IX, 107 S., 41 Abb. 1983.
- H. Niemann, D. Seitzer, H. W. Schüßler (Hrsg.): Mikroelektronik – Information – Gesellschaft. XI, 213 S., 80 Abb. 1983.
- J. Kwiatkowski, B. Arndt: Basic. 2., korr. Auflage. XI, 179 S. 1984.
- E. E. E. Hofer, H. Nielinger: SPICE. Analyseprogramm für elektronische Schaltungen. 223 S., 162 Abb., 36 Tab. 1985.
- R. Gleaves: Modula-2 für Pascal-Programmierer. X, 183 S. 1985.
- W. Junginger: FORTRAN 77 – strukturiert. XIII, 451 S., 75 Abb. 1988.
- F. J. Heeg: Empirische Software-Ergonomie. Zur Gestaltung benutzergerechter Mensch-Computer-Dialoge. X, 227 S., 79 Abb. 1988.
- H. Lochner: APL2-Handbuch. X, 331 S., 19 Abb. 1989.
- G. Staubach: UNIX-Werkzeuge zur Textmusterverarbeitung. Awk, Lex und Yacc. X, 157 S. 1989.
- J. A. Brown, S. Pakin, R. P. Polivka: APL2 – Ein erster Einblick. XIV, 373 S. 1989.
- M. Dürr, K. Radermacher: Einsatz von Datenbanksystemen. Ein Leitfaden für die Praxis. XIII, 217 S., 78 Abb. 1990.
- W. F. Clocksin, C. S. Mellish: Programmieren in Prolog. XIV, 331 S., 43 Abb. 1990.
- E. Heck, F. Kumpmann: NeWS – Das Netzwerkfähige Window-System. Einführung und Anleitung. VIII, 120 S., 37 Abb. 1990.
- K. Jensen, N. Wirth: Pascal-Benutzerhandbuch. Unter Berücksichtigung der DIN-Norm 66 256. Bearbeitet von Andrew B. Mickel und James F. Miner. Ca. 250 S., 80 Abb. 1991.
- S. Pappe: Datenbankzugriff in offenen Rechnernetzen. X, 205 S., 69 Abb. 1991.

Stefan Pappe

# Datenbankzugriff in offenen Rechnernetzen

Mit 69 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona

Stefan Pappe  
IBM Research Division, Almaden Research Center  
Department K 56/801  
650, Harry Road  
San Jose, CA 95120-6099, USA

ISBN-13 : 978-3-540-53232-3      e-ISBN-13 : 978-3-642-76134-8  
DOI: 10.1007/978-3-642-76134-8

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Pappe, Stefan:

Datenbankzugriff in offenen Rechnernetzen/Stefan Pappe. – Berlin; Heidelberg; New York;  
London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona: Springer, 1991

(Reihe „Informationstechnik und Datenverarbeitung“)

ISBN-13 : 978-3-540-53232-3 (Berlin . . .) brosch.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1991

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

2145/3140 - 543210 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

# Vorwort

Datenbanksysteme haben bei der Realisierung vieler Anwendungen eine Schlüsselrolle. Bedingt durch die zunehmende Verbreitung von Rechnernetzen wächst das Bedürfnis, auch auf entfernte Datenbanksysteme zuzugreifen. Unter den verschiedenen Ansätzen zum Fernzugriff auf Datenbanken gewinnen in letzter Zeit Client/Server-Systeme immer mehr an Bedeutung. Hierbei greift ein Anwendungsprogramm auf der Client-Seite auf ein oder mehrere entfernte Server-Datenbanksysteme zu. Die Verwendung von standardisierten Kommunikationsprotokollen erlaubt den Fernzugriff auch in heterogenen, offenen Netzen, in denen Rechner unterschiedlicher Architektur (bezüglich Hardware, Software und Datenbanksystemen) kooperieren. Die vorliegende Arbeit entwickelt Kommunikationsfunktionen für einen auf dem Client/Server-Modell basierenden Zugriff auf entfernte Datenbanken in offenen Rechnernetzen (Remote Database Access - RDA).

Es werden zunächst bestehende Ansätze, die einen Fernzugriff auf Datenbanken realisieren, mit Hilfe eines eigenen Modells klassifiziert. Diese Klassifikation umfaßt verteilte Datenbanksysteme, föderative Datenbanksysteme und verteilte Transaktionssysteme. Darauf aufbauend werden Anforderungen an einen allgemeinen RDA in offenen Netzen hergeleitet.

Die Diskussion der mit einem RDA-Kommunikationselement verbundenen Probleme und ihrer Lösungen wird in den Einzel-Server-Fall, in dem ein Client mit genau einem Server kommuniziert, und den Multi-Server-Fall, in dem ein Client auf mehrere Server zugreift, gegliedert. Dabei werden die Verbindungsverwaltung, der Transfer von Datenbankoperationen, die Unterstützung der Datenrepräsentation und die Transaktionsverwaltung untersucht. Den eigenen Vorschlägen werden jeweils die ISO/OSI-Ansätze gegenübergestellt.

Als Schwerpunkt wird die Verwaltung verteilter Transaktionen in offenen Rechnernetzen behandelt. Wegen der Charakteristika offener Systeme kann keine generelle Aussage über ihre Zuverlässigkeit gemacht werden. Daher unterscheiden die hierfür entworfenen neuen Kommunikationsprotokolle sichere und unsichere Systeme. Für sichere Systeme wird trotz der Beteiligung unsicherer Systeme eine konsistente Terminierung einer Transaktion in endlicher Zeit garantiert.

Abschließend wird eine prototypische Implementierung des ISO/OSI-Standardvorschlags zum RDA vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe „Verteilte Anwendungen“ des Europäischen Zentrums für Netzwerkforschung der Firma IBM erstellt wurde.

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Informatik der Universität Kaiserslautern im Rahmen des gemeinsam mit dem Europäischen Zentrum für Netzwerkforschung (ENC) der Firma IBM durchgeführten Projekts „Datenbankzugriff in heterogenen Netzen“.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Herrn Prof. Dr. Theo Härder für die mir gewährte Unterstützung und Diskussionsbereitschaft sowie für viele wichtige Hinweise bedanken. Herr Prof. Dr. Wolfgang Effelsberg betreute in seiner Zeit als Leiter der ENC-Forschungsgruppe „Verteilte Anwendungen“ das oben genannte Projekt. Ihm danke ich für die Anregung, mich mit diesem Thema zu befassen, seine fortlaufende Unterstützung und die Übernahme der zweiten Berichterstattung. Herr Dr. Kurt Rothermel, Mitglied der ENC-Forschungsgruppe „Verteilte Anwendungen“, betreute mich in der entscheidenden Phase meiner Arbeit. Für seine wichtigen Anregungen und Hinweise sowie die vielen wertvollen Diskussionen gilt ihm mein besonderer Dank. Weiterhin danke ich Herrn Dr. Martin Bever vom ENC für seine hilfreichen Anmerkungen.

Herrn Dr. Günter Müller, Leiter des Europäischen Zentrums für Netzwerkforschung der IBM, danke ich dafür, daß er mir es ermöglichte, meine Arbeit innerhalb des ENC anzufertigen. Ihm und den Mitarbeitern des ENC danke ich für das anregende und kollegiale Umfeld, das ich im ENC hatte.

San Jose, Kalifornien, im Juni 1990

Stefan Pappe

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Klassifikation</b> .....	<b>9</b>
2.1.	Funktionales Modell und Klassifikationskriterien .....	9
2.1.1.	Anwendungsprogramm .....	13
2.1.2.	Terminal .....	13
2.1.3.	Datenkommunikationsmanager .....	14
2.1.3.1.	Transaktionsverwaltung .....	14
2.1.3.2.	Datenrepräsentation .....	17
2.1.3.3.	Globale Integritätskontrolle .....	18
2.1.3.4.	Verteilungskontrolle .....	18
2.1.3.5.	Basiskommunikation .....	20
2.1.4.	Lokaler Ressourcen-Manager .....	23
2.1.5.	Kommunikationsnetz .....	23
2.1.5.1.	Lokale Netze .....	23
2.1.5.2.	Weitverkehrsnetze .....	25
2.2.	Beschreibung existierender Ansätze und Einordnung in das Modell ..	28
2.2.1.	Verteilte Datenbanksysteme .....	28
2.2.1.1.	Modell .....	30
2.2.1.2.	Funktionalität des Datenkommunikationsmanagers .....	31
2.2.2.	Föderative Datenbanksysteme .....	34
2.2.2.1.	Modell .....	35
2.2.2.2.	Funktionalität des Datenkommunikationsmanagers .....	36
2.2.3.	Verteilte Transaktionssysteme .....	37
2.2.3.1.	Modell .....	39
2.2.3.2.	Funktionalität des Datenkommunikationsmanagers .....	40
2.3.	Funktionalität des Datenbankfernzugriffs .....	42
2.3.1.	Anforderungen .....	43
2.3.2.	Modell .....	46
2.3.3.	Funktionalität des Datenkommunikationsmanagers .....	48
2.3.4.	Existierender Normungsvorschlag für den Datenbankfernzugriff ....	51
2.3.4.1.	Einführung in das ISO/OSI-Modell .....	52
2.3.4.2.	ISO/OSI-Remote Database Access .....	58

VIII Inhaltsverzeichnis

<b>3.</b>	<b>Verarbeitungsmodell</b> .....	63
3.1.	Systemmodell .....	63
3.2.	Fehlermodell .....	65
<b>4.</b>	<b>Einzel-Server-Datenbankfernzugriff</b> .....	69
4.1.	Architektur .....	69
4.2.	Verbindungsverwaltung .....	70
4.3.	Transfer von Datenbankoperationen .....	71
4.3.1.	Generische Dienste .....	73
4.3.2.	Spezialisierung .....	78
4.4.	Unterstützung der Datenrepräsentation .....	80
4.5.	Transaktionsverwaltung .....	89
4.5.1.	Modell .....	90
4.4.2.	Protokoll .....	91
4.6.	ISO/OSI-Ansatz .....	93
4.6.1.	Verbindungsverwaltung .....	93
4.6.2.	Transfer von Datenbankoperationen .....	97
4.6.3.	Unterstützung der Datenrepräsentation .....	99
4.6.4.	Transaktionsverwaltung .....	100
<b>5.</b>	<b>Multi-Server-Datenbankfernzugriff</b> .....	103
5.1.	Architektur .....	103
5.2.	Transaktionsverwaltung .....	104
5.2.1.	Terminologie .....	106
5.2.2.	Protokollklasse 0 .....	108
5.2.3.	Protokollklasse 1 .....	114
5.2.3.1.	Fall 1: Koordinatorverschiebung zu einem dedizierten Prozeß .....	118
5.2.3.2.	Fall 2a: Koordinatorverschiebung zu einem Entry-Prozeß vor Phase 1 .....	120
5.2.3.3.	Fall 2b: Koordinatorverschiebung zu einem Entry-Prozeß in Phase 1 .....	124
5.2.3.4.	Recovery .....	127
5.2.3.5.	Vergleich der Alternativen .....	129
5.2.4.	Protokollklasse 2 .....	138
5.2.4.1.	Buchhaltungskonzept .....	140
5.2.4.2.	Von Protokollklasse 1 zu Protokollklasse 2: Modifikationen im Protokoll .....	146
5.2.4.3.	Abgrenzung zu byzantinischen Algorithmen .....	149



5.3.	ISO/OSI-Ansatz .....	151
5.3.1.	Verbindungsverwaltung .....	152
5.3.2.	Transaktionsverwaltung .....	154
5.3.2.1.	Commitment, Concurrency and Recovery (CCR) .....	155
5.3.2.2.	Transaction Processing (TP) .....	158
5.3.2.3.	RDA-Anwendungskontexte .....	160
<b>6.</b>	<b>Implementierung</b> .....	<b>161</b>
6.1.	Client .....	161
6.1.1.	API-Prozessor .....	163
6.2.	Server .....	167
6.3.	RDA-Kommunikationselement .....	169
6.3.1.	Spezifikation und Implementierung mit PASS .....	169
6.3.2.	RDA-Anwendungsinstanz .....	177
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>181</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>185</b>
	Algorithmen der Protokollklasse 0 .....	186
	Algorithmen der Protokollklasse 1 .....	187
	Algorithmen der Protokollklasse 2 .....	193
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>195</b>