

网络管理与技术丛书
信息管理系列

分布式

数据库

信息管理系列 编委会

领先于网络时代

尽晓电子商务

成功人士必读

组建未来生活

.133.1



中国人民大学出版社
CHINA RENMIN UNIVERSITY PRESS

118

712.6.1.33
45

网络管理与技术丛书
信息管理系列

分布式数据库

信息管理系列 编委会

中国人民大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分布式数据库/信息管理系列 编委会编著
北京: 中国人民大学出版社, 2001
(网络管理与技术丛书·信息管理系列)

ISBN 7-300-03760-7/G·785

- I. 分…
- II. 信…
- III. 分布式数据库
- IV. TP311.133.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 040556 号

网络管理与技术丛书
信息管理系列
分布式数据库
信息管理系列 编委会



出版发行: 中国人民大学出版社

(北京中关村大街 31 号 邮编 100080)

邮购部: 62515351 门市部: 62514148

总编室: 62511242 出版部: 62511239

经 销: 新华书店

印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本: 787×960 毫米 1/16 印张: 18.75

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

字 数: 467 000 印数: 1~5000 册

定 价: 26.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

内 容 简 介

在本书中，我们对分布式数据库进行了系统的介绍，本书力图从原理上作简单而明确的阐述。在结构上，本书主要包含三部分：第一篇主要对分布式数据库的基础知识作简要和概括性的介绍，为读者阅读后面的内容提供一定的基础，包括了对计算机网络的回顾，数据库发展的历史，以及在这个基础上开发出来的分布式数据库；第二篇主要是对分布式数据库原理的详细介绍，讨论其中几个关键问题，如分布式数据库的透明性、设计问题、可靠性、并发控制、事务管理以及查询策略和优化等内容，这个部分是分布式数据库原理的重点，它更多的是从原理上介绍，只有明白了这些部分，才可以进一步对分布式数据库进行设计；最后部分则对目前流行的结构化查询语言 SQL 以及 Oracle 等数据库进行简单的介绍，并且进一步地介绍了已开发的其他不同的语言，希望读者能进一步加深对数据库的了解。

出 版 说 明

20 世纪的偶像是原子，
21 世纪的偶像是网络，
网络就是我们的未来！

美国《连线》主编凯文·凯利在《网络经济的十种策略》中的这一论断令人发聋振聩。

我们的时代正走向信息时代、网络时代。网络已远远越出技术的层面，它渗透到我们生活的各个方面，它重塑了这个时代的政治、经济、文化，改变了我们的生活方式、交往方式和思维方式，它好像被激活的高速裂变的细胞，扩散到社会有机体的各个部位，像活跃的蜂群笼罩着我们这个星球的表面。网络代表着新时代，网络象征着新生活。

网络离不开技术。计算机信息技术是网络社会的主角，那么掌握计算机技术意味着应对未来挑战的必不可少的手段。计算机将是我们生活中不可缺少的内容，学会计算机技术也是在未来生活中生存的一个必不可少的条件。

但是，仅仅依靠技术的进步而忽视人文关怀，人就成了被异化的“单向度”的机器，互联网世界应是最具人性化的“以人为本”的世界，互联网一方面体现着技术的发展，它同时也推动着经济的繁荣、管理的创新、文化的丰富以及社会的全面进步。

作为在人文社会科学有影响的出版机构，中国人民大学出版社一直关注着这场网络革命，早在 1997 年就推出了一套在业界引起广泛影响的“网络文化丛书”。今天，我们又在 IT 行业在全球迅猛发展，向各行各业渗透并引发新一轮产业革命的时候，及时组织了很多专家、教授、编程人员，出版具有自己特色的电脑图书，即把技术及其技术在经济、管理、法律等方面的应用紧密结合，从而形成自己的出书特色。

中国人民大学出版社版计算机图书像其他人大版图书一样比较全面、严谨、严肃。本系列图书几乎全部是关于网络、信息方面的知识。丛书共计 5 个系列，40 余本——计算机综合知识、网页设计及网络编程、UNIX 系统及网络管理、Oracle 数据库、信息管理。内容涉及到网络的方方面面：网络基础知识、网页制作、网络编程、数据库工程、系统平台、网络信息系统、网络安全、软件体系结构以及网站的筹建、管理等等。

本套丛书从整体上具有计算机图书固有的特点：

新——正式的版本、最新的版本
博——最常用软件、功能最强大软件
势——论述网络、领导大势
快——最快捷的工具书
通——内容系统、深入浅出
雅——版面沉稳、雅致

实——内容丰富、尽晓网络

总之，这套丛书系统地、全面地介绍了网络方面的知识，用户可以选择适合于自己的图书，可以循序渐进地系统学习，同时也可以做为随身“博士”，随时帮助解决实际的问题；既有“入门”知识，又可以达到“入室”水准。这样，通过这套丛书的系统学习，我们将在信息爆炸的未来占有一席之地，搏击，以网制胜未来。

本套丛书编写时间较短，书中难免有不足之处，请读者指出，我们会尽快改进。

中国人民大学出版社

前 言

计算机技术的迅猛发展，可以说是当今世界的一次革命，它已经渗入到各个行业各个部门内部，成为必不可缺的一种工具。计算机技术的发展，对管理方面产生了重大影响，它使管理更为便捷，同时也提高了管理的效率和质量。但在达到这一效果的同时，对相关的技术也提出了很高的要求，因而也就迫使其他技术产生了新的突破。

良好的管理离不开高性能数据库的开发。在计算机技术迅速发展的时候，特别是当计算机网络出现之后，对数据库发展提出了明确的要求。在计算机网络出现前，数据的管理主要是通过微机（甚至是更原始的方式，诸如人工管理等）的数据库完成的。这样，数据只能通过本机获得，当其他机器需要使用这些数据而存储数据的机器比较忙时，就会产生很大的不便。

网络的出现很好地解决了这一问题。比较典型的方案是将数据集中存储于服务器上，对于局域内的使用人员可以通过访问该服务器来获得必要的数据库。这就给数据的使用带来了极大的方便，可以大大提高数据库管理的效率。采用这一方法构建数据库的技术就是所谓的集中式数据库技术。但同时可以看到这一方法存在一个明显的缺陷，这就是对网络资源的浪费。通常数据库总是放置在总公司的服务器上方便管理，但对总公司而言是不经常访问数据库的；相反，各子公司却需要频繁访问和使用数据库。当不同的使用者经常要和位于同一服务器上不同的数据库或者数据库的不同部分打交道时，他们只关心数据库中相关的部分，对他们而言，他们同时做的是彼此不相关的两件事，可以看出采用并行方式效率是最高的；但他们必须通过网络实现，网络的协议限制了这种并行方式，因此他们必须等待，这就造成了数据库资源和时间的浪费。但是假如将不同的数据库部分分别建立在不同的子公司的服务器上，这样数据库访问的困难就得以解决了，此时只需要考虑当总公司需要偶尔和某一部分数据库打交道时数据库的传输就可以了。这样数据库的存取是分布式的而数据库本身却是一个逻辑上的不可分割整体，这种方法就构成了分布式数据库。这也是本书所要重点讨论的。

为了便于读者对分布式数据库在整体上有系统的了解，本书在内容编排方面，主要包含以下特点：

（1）整体性强。本书并不仅仅是对分布式数据库加以详细介绍，而是根据分布式数据库的特点，从与之相关的数据库原理、计算机网络等基本知识入手，为读者在后面的学习奠定一定的基础。

（2）原理性强。本书不同于当前市面上一些有关的数据库教材，如 SQL、Oracle 等。它并不侧重于实现数据库具体方法的详细介绍，并不是一种所谓的工具型教材；相反它是对一般性原理的介绍，目的在于使读者对数据库原理作深入的了解，为以后数据库的开发奠定一定的理论基础。

（3）通俗易懂。本书更侧重于通过简单的语言描述来将问题表达清楚，尽可能少地使用公式和逻辑推理过程，以便于读者能更好地接受。

当然，由于编写人员的水平有限，难免会存在许多缺陷，恳请读者提出并指正；同时当前数据库技术的发展日新月异，所以难免有些内容比较陈旧，希望能得到你的批评和建议。

编 者
2001 年 9 月

目 录

第一篇 分布式数据库介绍	1
第 1 章 计算机网络介绍	1
1.1 计算机网络的产生及发展	1
1.2 计算机网络定义	2
1.3 计算机网络的分类	3
1.4 网络软件	5
1.4.1 协议分层	5
1.4.2 服务和接口	6
1.5 参考模型	6
1.5.1 OSI 参考模型	7
1.5.2 TCP/IP 参考模型	9
第 2 章 数据库原理基础	11
2.1 数据库的发展	11
2.1.1 数据管理的发展历史	11
2.1.2 当前数据库技术的发展呈现出一些新的特点	14
2.2 数据库的基本概念	20
2.2.1 数据及数据库	20
2.2.2 数据库语言	20
2.2.3 数据库系统	20
2.2.4 数据库中的一些术语	22
2.3 数据库的分类	22
2.3.1 数据模型	22
2.3.2 数据库系统的结构	23
2.4 数据独立性	25
2.5 数据库管理系统 (DBMS)	26
2.5.1 DBMS 的基本功能	26
2.5.2 DBMS 的进程结构	26
2.5.3 DBMS 和应用开发环境	30

2.5.4	DBMS 系统结构.....	30
2.5.5	语言处理.....	34
2.5.6	数据存取.....	35
2.5.7	数据库物理组织.....	35
2.6	数据库安全与恢复.....	37
2.6.1	数据库的安全性.....	37
2.6.2	数据库的恢复.....	39
第 3 章	SQL 简介.....	43
3.1	SQL 语言的概述.....	43
3.1.1	SQL 语言的产生背景.....	44
3.1.2	SQL 语言的特点.....	45
3.2	SQL 数据库知识背景.....	48
3.3	数据库的建立.....	49
3.4	SQL 语言数据定义功能.....	51
3.4.1	基本表的建立和修改.....	51
3.4.2	索引的建立和删除.....	55
3.5	SQL 数据操纵语言.....	57
3.5.1	SQL 查询语句.....	57
3.5.2	SQL 更新语句.....	59
3.6	SQL 中的视图.....	61
3.6.1	视图的定义.....	61
3.6.2	视图的撤销.....	63
3.6.3	视图的更新.....	64
3.6.4	视图的查询.....	65
3.6.5	使用视图的优点.....	65
3.7	数据库规范化.....	66
3.7.1	概述.....	66
3.7.2	原始数据库.....	67
3.7.3	数据库逻辑设计.....	67
3.7.4	最终用户的需要是什么.....	67
3.7.5	数据冗余.....	67
3.7.6	范式.....	68

3.7.7	数据库规范化操作.....	70
3.7.8	参照完整性.....	70
3.7.9	数据规范化的优点.....	71
3.7.10	数据规范化的缺点.....	72
3.7.11	将数据库非规范化.....	72
第 4 章	分布式数据库概述	73
4.1	分布式数据库的由来及发展.....	73
4.2	什么是分布式数据库.....	74
4.3	分布式数据库系统的组成及功能.....	77
4.3.1	分布式数据库系统的组成部分.....	77
4.3.2	分布的方案选择.....	81
4.3.3	分布式数据库的体系结构.....	86
4.4	分布式数据库管理系统 (DDBMS).....	89
4.5	分布式数据库的特点.....	91
4.6	分布式数据库的应用范围及需要解决的问题.....	93
4.6.1	分布式数据库的应用.....	93
4.6.2	分布式数据库所要解决的问题.....	93
第二篇	分布式数据库原理及若干问题	95
第 5 章	分布透明级	95
5.1	分布式数据库参考体系结构.....	96
5.2	数据分段存储类型.....	97
5.2.1	横向分段存储.....	98
5.2.2	导出横向分段存储.....	99
5.2.3	纵向分段存储.....	99
5.2.4	混合分段存储.....	100
5.3	只读应用请求的分布透明性.....	102
5.3.1	简单应用请求.....	102
5.3.2	复杂的应用请求.....	106
5.3.3	使用参数文件的分布式数据库查询.....	108
5.3.4	用公共子表达式的查询应用.....	110
5.4	修改应用请求的分布透明性.....	110
5.5	分布式数据库存取原语.....	112

5.6	分布式数据库的完整性约束条件.....	114
第 6 章	分布式数据库设计基础	116
6.1	数据分布设计的目标和方法.....	116
6.2	数据库分段的设计.....	118
6.2.1	水平分段.....	118
6.2.2	垂直分段.....	122
6.2.3	混合式分段.....	124
6.3	段的位置分配.....	125
6.3.1	段分配的一般准则.....	125
6.3.2	段分配的费用和得益的估量.....	126
6.4	分布式网状数据库数据分配简介.....	127
第 7 章	全局查询到局部查询的变换	129
7.1	查询的等价变换.....	130
7.1.1	查询的运算符树.....	130
7.1.2	关系代数的等价变换.....	131
7.1.3	运算符图及公共子表达式的确定.....	134
7.2	把全局查询变换成分段查询.....	136
7.2.1	分段查询的规范表达式.....	136
7.2.2	限定关系的代数学.....	137
7.2.3	横向分段关系的简化.....	140
7.2.4	横向分段关系间连接运算的简化.....	141
7.2.5	采用推论方法 (inference) 进一步简化.....	142
7.2.6	纵向分段关系的简化.....	143
7.2.7	半连接程序.....	144
7.3	分布式分组及聚集函数.....	145
7.3.1	关系代数的扩充.....	146
7.3.2	Group-by 操作的特性.....	146
7.4	参数性查询.....	148
7.4.1	参数性查询的化简和代数的扩充.....	149
7.4.2	在参数性查询多次激活中使用的临时关系.....	150
第 8 章	查询策略的优化	152
8.1	查询优化概述.....	152

8.1.1	查询优化中的问题.....	152
8.1.2	查询优化的目标.....	153
8.1.3	一个新的查询模型.....	155
8.1.4	分布式数据库查询优化的重要性.....	162
8.2	连接查询的优化.....	163
8.2.1	使用半连接程序的优化策略.....	163
8.2.2	使用连接作为查询处理策略.....	171
8.2.3	R*中的连接查询.....	171
8.3	一般查询.....	173
8.3.1	连接与并集交换的影响.....	174
8.3.2	一般查询的优化方法.....	176
第9章	分布式事务管理	177
9.1	事务管理概述.....	177
9.1.1	事务的性质.....	177
9.1.2	事务管理的目的.....	179
9.1.3	分布式事务.....	180
9.1.4	分布式事务的进程模型和服务器模型.....	182
9.1.5	分布式事务的计算结构.....	182
9.2	分布式事务原子性的实现.....	182
9.2.1	集中式系统中的恢复.....	183
9.2.2	分布式数据库中的通讯故障.....	185
9.2.3	分布式事务的恢复.....	186
9.2.4	两阶段协议(2PC).....	188
9.2.5	关于两阶段托付协议的某些说明.....	191
9.3	分布式事务的并发控制.....	193
9.3.1	集中式数据库中基于锁定的并发控制.....	193
9.3.2	分布式数据库中基于锁定的并发控制.....	194
9.3.3	分布式两阶段锁定的某些说明.....	196
9.4	分布式事务的体系结构问题.....	196
9.4.1	进程和服务者.....	196
9.4.2	会晤和数据报.....	197
9.4.3	分布式事务的计算结构.....	198

9.4.4	托付协议的通讯结构	198
第 10 章	分布式数据库的并发控制	200
10.1	分布式并发控制问题	201
10.1.1	几种异常情况	201
10.2	事务处理模型	202
10.2.1	事务	202
10.2.2	DDBMS 系统	203
10.3	分布式并发控制理论	204
10.3.1	可串行性的特征	204
10.4	分布式并发控制技术	206
10.4.1	两相封锁 (2PL)	206
10.4.2	分布式死锁	207
10.4.3	基于时间戳的并发控制	217
第 11 章	分布式数据库可靠性	223
11.1	基本概念	223
11.1.1	分布式数据库的可靠性定义和目标	223
11.1.2	关于可靠性问题的若干一般性概念	227
11.2	无阻塞托付协议	231
11.2.1	站点故障时的非阻塞式托付协议	232
11.2.2	三阶段托付协议	232
11.2.3	三阶段托付的终止协议	234
11.2.4	三阶段提交的重启动协议	234
11.2.5	托付协议和网络分割	235
11.2.6	网络分割无阻塞协议的存在问题	235
11.2.7	能处理分割的协议	236
11.2.8	多数法和基于法定入数的协议	237
11.3	可靠性与并发控制	238
11.3.1	无冗余数据库	239
11.3.2	冗余数据库	239
11.4	确定网络一致性视图	240
11.4.1	监视网络的状态	241
11.4.2	广播新状态	241

11.5	不一致性的检测与消除	242
11.5.1	不一致性的检测	242
11.5.2	不一致性的消除	242
11.6	检查点和冷启动	243
11.7	SPOOL 机制.....	245
第 12 章	分布式数据库的管理	246
12.1	分布式数据库中的目录管理	246
12.1.1	目录的内容	247
12.1.2	目录的分布	247
12.1.3	具有站点自治性的对象命名和目录管理	249
12.2	权限和保护	250
12.2.1	站点至站点的保护	250
12.2.2	用户识别	251
12.2.3	实施权限规则.....	251
12.2.4	用户的类别	252
第 13 章	SQL 在分布式数据库中的应用	253
13.1	SQL 数据控制.....	253
13.1.1	安全性	253
13.1.2	完整性	255
13.2	SQL 中的事务控制.....	261
13.2.1	并发控制和恢复	261
13.2.2	事务的定义	261
13.2.3	事务的划分	261
13.2.4	事务控制	261
13.2.5	开始一个事务.....	262
13.2.6	结束一个事务.....	263
13.2.7	撤销事务	263
13.2.8	使用事务保存点 (SAVEPOINT)	264
13.2.9	封锁的申请和释放.....	264
第 14 章	其他数据库语言介绍	266
14.1	Oracle	266
14.1.1	SDD-1 (System for Distributed Databases)	269

14.2	Distributed Ingres	269
14.3	R*	270
14.4	POREL	273
14.5	SIRIUS	273
14.6	ADA-DDM.....	274
14.7	POLYPHEME.....	274
14.8	ENCOMPASS.....	275
14.9	VDN	275
14.10	MICROBE.....	275
14.11	Prime Computer Inc.....	275
14.12	DDTS.....	275
14.13	JDDBS	276
14.14	C-POREL	276
14.15	DdBASE-II 和 DdBASE-III.....	279
14.16	LSZ 异构分布式数据库系统	279
14.17	RINDMS.....	280
14.18	WDDBS-32	280
14.19	SUNDDB.....	281
14.20	总结	282

第一篇 分布式数据库介绍

第 1 章 计算机网络介绍

分布式数据库的发展是和计算机网络紧密联系在一起，在其原理方面涉及到很多计算机网络的知識。为了使读者能很好地理解分布式数据库有关内容，在这里我们有必要先对计算机网络进行相应的介绍。

1.1 计算机网络的产生及发展

计算机网络的产生是计算机技术高速发展和现代通讯技术发展相结合的产物，它也是伴随着强烈的社会需求而产生的。当 1946 年世界上第一台计算机在美国产生时，计算机的最初主要功能和目的就是为了满足大规模计算的需要。

当历史进入 50 年代，随着社会需求和计算机技术的发展，建立计算机网络才成为了一种可能。从历史上看，计算机网络的发展，大致经历了以下四个阶段：

(1) 首先是计算机技术与通讯技术相结合，形成了计算机通讯网络的雏形。早在 50 年代初，美国军方在半自动地面防空系统中进行了计算机与通讯技术相结合的尝试，从而形成了计算机网络系统的雏形，此后在 60 年代初，美国航空公司建成了由一台计算机将所有终端联系起来的网络，这是计算机通讯网络的雏形。它的出现，可以说是计算机技术发展的重要里程碑，具有划时代的意义。

(2) 从 60 年代后期开始，当时出于军事、科学、经济分析和企业管理等的实际需要，人们希望位置（地理位置或机器位置）不同的计算机通过通讯网络连接成为一个整体，以便可以实现数据的共享。由于每台计算机终端类型不同，而与之相关的传输线路传输速率的不同，从而通讯的任务无法完成，对线路的资源也是一种很大的浪费。因此，1969 年美国国防部高级研究计划局提出了发展计算机网络的课题，并实现了分组交换网络 ARPANET，它以通讯子网为中心代替了以单台微机为中心的

网络结构。这一阶段的成果对于推动网络技术的发展极其重要，采用的网络体系结构和协议的理论为后来的网络发展奠定了基础。

(3) 采用国际标准化协议加速网络体系结构的研究。生产发展需要的一些网络已不仅仅限于某一部门、某一地区使用，但各个网络自身特殊的体系结构限制了网络的发展，因此网络的设计有必要使用统一的模型，采用统一的协议来实现，这样也就要求形成一个统一的机构来组织管理和研究这一问题。国际标准化组织（ISO）正是在此条件下产生的。经过多年的工作，终于制定了一套统一的网络标准，即“开放系统互联（OSI）参考模型”，关于这一模型，在下文中将作详细的介绍。

(4) 快速、高性能网络阶段。这就是目前我们所处的阶段，它的主要特征就是实现网络互联、并力图实现网络高速性、智能性以及网络的更广范围的应用，主要表现为 Internet 的广泛使用和 B-ISDN、异步传输模式 ATM 的高速网络技术等。这方面的内容本书不作介绍。

1.2 计算机网络定义

计算机网络是将多台计算机通过通讯网络连接起来，其目的是为了达到微机之间可以相互通讯、共享信息，并各自具备独立功能的计算机系统的集合。

从应用的观点来看，首先计算机网络最大的优势在于资源共享，即不论所使用的资源的物理位置在哪里，也不论计算机的使用者所处何处，对计算机的使用者而言都可以像使用自己机器上的资源一样方便，这就克服了以前由于地理位置所形成的约束。其次，计算机网络为用户提供了较高的可靠性，数据可以存放在多台联网的微机中，这就避免了数据因不同的计算机的故障而丢失的情形。此外，网络可以达到节约经费的目的，这是与大型机比较而言的。大型机的速度比个人计算机快十倍，但费用比却在千倍左右。在网络出现以前，采用大型机就意味着要加大投入费用，而采用性能价格比更高的个人计算机组建网络，在相同的速度要求情况下，费用就显得低得多。同时当由于某些原因要求加大系统的负荷时，在网络方式下仅需要增加处理器就可以完成，而采用中央主机的方式则意味着要更换能力更强的主机，因此在扩充性方面，网络存在更大的优势。

在介绍完计算机网络的时候，有必要澄清几个容易混淆的概念。

(1) 计算机网络和计算机通讯网络的区别。

目前我们可以说计算机网络是在计算机通讯网络的基础上建立起来的，但两者还是存在一定的差别的。建立计算机通讯网络的目的是为了完成数据的传输，其缺点是共享能力较弱，可以说是计算机网络的较低阶段；而计算机网络除了具有计算机通讯网络具有的数据传输功能外，它的更主要的目的是为了实现在数据共享。

(2) 计算机网络和分布式系统的区别。

分布式系统的特征主要是：

- 系统拥有多种通用的物理和逻辑资源，可以动态地给它们分派任务；
- 系统中分散的物理和逻辑资源通过计算机网络实现实时交换；