

郑振楣 于 戈 郭 敏 编著

分布式 数据库

数
据
库
丛
书

科学出版社

413337

数据库丛书

分布式数据库

郑振楣 于戈 郭敏 编著



科学出版社

1998

内 容 简 介

本书主要介绍分布式数据库系统的功能、结构和理论方面的基本概念、研究成果和实现技术。全书共十一章,分四个部分:第一部分(第一章至第二章)是基础,介绍分布式数据库系统的基本概念,引出全书的其余部分;第二部分(第三章至第九章)是本书的核心,讨论分布式数据库系统的理论与技术问题,包括数据分布、分布查询处理、分布事务管理、安全性、完整性、目录管理等;第三部分(第十章)介绍异构分布式数据库;第四部分(第十一章)是对分布式数据库的展望。

本书是作者们在教学和研制开发分布式数据库系统的基础上撰写的,内容丰富,系统性强,且理论与实践相结合。本书可作为计算机专业教材或参考书,也可供计算机专业研究和应用的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

分布式数据库/郑振楣等编著.-北京:科学出版社,
1998.6
(数据库丛书)
ISBN 7-03-006532-8

I. 分… II. 郑… III. 分布式数据库 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 05136 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1998 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16
1998 年 7 月第一次印刷 印张:13 1/4
印数:1—2 800 字数:290 000

定价:21.00 元

《数据库丛书》是我国数据库专家学者团结协作、合力撰写的。一套系列著作，它比较全面地反映了国际数据库技术的丰富内容与最新发展。和我国数据库科技工作者多年来的主要研究成果，具有较高的理论水平和学术价值。

数据库是计算机科学技术中发展最快的领域之一，也是应用最广泛的技术之一。是计算机信息系统与应用系统的构成基础。相信《数据库丛书》的编辑出版，必将有助于推动我国数据库技术的研究与发展，促进我国数据库技术的普及与提高，加快数据库应用的推广与深入，为我国社会经济信息化作出贡献。

張致祥

一九八二年六月

《数据库丛书》编委会

主 编	萨师煊			
副主编	罗晓沛	王 珊		
编 委	王能斌	施伯乐	郑怀远	童 颖
	唐世渭	周立柱	徐秋元	周龙骧
	徐洁磐	郑振楣	何新贵	马应章
	李建中	张大洋	董继润	瞿兆荣
	张作民	何守才	姚卿达	唐常杰
	冯玉才	尹良琨	杨冬青	邵佩英
	李昭原	周傲英	于 戈	

序

数据库是计算机领域发展最快的学科之一,因为它既是一门非常实用的技术,也是一门涉及面广、研究范围宽的学科。因此,它吸引了理论研究、系统研制和应用开发等不同方面众多的学者、专家和技术人才致力于其研究和实践。

数据库系统所管理、存储的数据是各个部门宝贵的信息资源。在信息化时代来临、Internet高速发展的今天,信息资源的经济价值和社会价值越来越明显。建设以数据库为核心的信息系统和应用系统,对于提高企业的效益、改善部门的管理、改进人们的生活均具有实实在在的意义。正因为数据库技术与经济、社会的发展和信息化建设有着密切的关系,这门学科才获得了巨大的源动力和深厚的应用基础。

数据库系统已从第一代网状、层次数据库系统发展到第二代关系数据库系统和第三代以面向对象为主要特征的数据库系统。数据库技术与网络通信技术、面向对象技术、并行计算技术、多媒体技术、人工智能技术等互相渗透,互相结合,成为当前数据库技术发展的主要特征。它使数据库领域中新的技术内容层出不穷,新的学科分支不断涌现,形成了新一代数据库系统的大家族。与传统的数据库相比,当今数据库的整体概念、技术内容、应用领域,甚至某些原理都有了重大的发展和变化。

面对如此丰富的学术内容和技术方法,如此广阔的研究方向和应用领域,从事数据库研究、开发和应用的科技人员,攻读数据库方向的研究生都迫切希望有一套丛书能系统地全面地介绍数据库学科的多个分支和相关领域。

《数据库丛书》的编写宗旨是把当前数据库学科各个分支的最新学术成果介绍给读者,以促进国内的学术研究;同时,又介绍数据库技术的发展过程,各分支之间的内在联系及在数据库大家族中的位置,以促进数据库和计算机科学的其它领域技术的结合。

本丛书由各分册组成,包括《数据库进展》、《分布式数据库》、《分布式数据库管理系统实现技术》、《并行关系数据库管理系统引论》、《数据仓库技术与联机分析处理》等。本丛书的每一分册涉及数据库学科的一个或几个分支。其中《数据库进展》则与其他分册有所不同,是本丛书的总纲、指南和补充,是给本丛书穿针引线、铺垫基础,从而使丛书成为一个各部分既相互独立又相互联系的整体。

《数据库丛书》是开放的,故丛书的分册将随着数据库学科的发展而不断补充。

本丛书各分册的主编和作者,多是长期从事数据库各分支领域研究工作的专家、学者。他们学术造诣高深,实践经验丰富,书中许多内容是他们长期研究的成果。本丛书不仅反映了国际数据库技术的最新成果和发展方向,也展示了我国数据库工作者的学术成果和研究深度,具有较高的理论水平和学术价值。它的出版是我国数据库学术界的一件大喜事。我向本丛书的所有作者和编委的辛勤工作表示崇高的敬意。

萨师煊

1998年1月

前 言

数据库系统,尤其是关系数据库系统的进展,使得计算机应用领域发生了急剧变化。人们称70年代是数据库时代,因为从那时起至今,关系数据库系统的作用已经愈来愈明确地告诉人们,在当今社会中,任何信息处理系统都离不开它。与此同时,另一技术领域——计算机网络,以其技术的不断创新、不断为适应更多的应用也取得了可喜的成就。特别是数据库技术与计算机网络技术的结合,形成了又一新领域——分布式数据库系统。实现和建立分布式数据库系统绝不是将数据库技术与网络技术的简单结合,而是两种技术的互为渗透与融合。它要管理的不是单个数据库系统,而是分布于许多不同地域(或场地)上的多个数据库系统。或许使用计算机网络也不仅仅是简单地为了传输文件,而是为了更能适应于一个特定企、事业高效地管理信息。这两种技术的融合,形成一种更新型的信息处理技术。

因此,分布式数据库系统虽然基于集中式数据库系统,但它有其自身的特色和自成系统的理论基础。80年代是分布式数据库系统成长、完善并逐步走向实用化的时代。由于它的分布环境及固有的难度,至今其商用系统并不多,但其研究并没有停止,而是与计算机技术的其它领域互相推动,特别是信息高速公路的发展,使得分布式数据库系统的研究更加活跃。

数据库技术,当今已不再只是适用于常规的事务型(商业型)的信息处理,而且已经扩展到人类社会的各个方面,信息处理离不开计算机,而计算机的信息处理手段离不开数据库系统。为了适应信息处理的要求,在数据库的数据模型和体系结构方面,如面向对象数据库、知识库、空间数据库、主动数据库,等等已有了很多的研究。就数据库的运行环境而言,也不再是单个数据库(集中式)系统,而是联网的分布式环境,如一些大型的信息管理系统,无论是政府部门的、军事国防的、商业的,等等,无不是用分布式环境。分布式数据库技术的一些基本技术将是今后研究数据库技术新进展的一个基础。

我国对分布式数据库系统的研究始于80年代初,而且在短短的几年中做出了许多有益的成果,建立和实现了几个各具特色的分布式数据库原型,其中包括作者主持的、武汉大学数据库组研制的WDDBS系列和基于此的WOODBS,东北大学数据库组研制的DMU/FO系统,以及近期正在研制的异构分布式多数据库系统。这些工作对我国的分布式数据库技术的理论研究和开发应用起到了推动作用。

我们十几年来研究和开发分布式数据库系统,并从事本科生和研究生的教学和指导。我们愿意将积累的经验 and 体会与读者共分享、共研讨,希望这本书的撰写对分布式数据库技术的研究有所助益。

本书将介绍分布式数据库系统的工作原理和实现技术,以及分布式数据库系统与最新数据库系统研究相结合的新进展,如与面向对象数据库系统、知识库系统等结合的进展。这种新进展的特点是在关系数据库已取得成功的基础上的进一步深化和更加面向现实世界。

本书共分四个部分。第一部分(第一章至第二章)是全书的基础,给出了分布式数据库系统的定义、特性及其所研究的问题,以及分布式数据库系统的系统结构。第二部分(第三章至第九章)是本书的核心,分别叙述分布式数据库系统的原理和实现技术;从数据库分布原理到给出一系列算法,讨论分布式数据库系统的分布透明性;详述了分布式数据库系统的数据库查询、数据控制、事务管理以及如何保证数据查询的正确性、运行的安全和高效;同时,也讨论了分布式数据库系统的源数据的管理——目录系统管理的基本原理与实现。第三部分(第十章)讨论异构型分布式数据库系统(多数据库系统)的特点、基本概念及实现技术。这类系统是更能适应于应用的系统。第四部分(第十一章)是对分布式数据库系统的展望,介绍当前研究的、与分布式有关的热门科研课题:客户/服务器结构、并行数据库、面向对象数据库、知识库等,为读者进一步研究和学习打下基础。

本书前七章由武汉大学老师撰写:石树刚(第一、二章)、郑振楣(第三、四章)、郭敏(第五、六、七章)。后四章由东北大学老师撰写:于戈(第八、十、十一章)、王国仁(第九、十章)、王世革(第十一章)。郑振楣教授对全书进行了审定,对术语、文字进行了规范;石树刚教授、郑怀远教授(东北大学)审阅了全书。

在此,我们对武汉大学数据库组的全体同仁及研究生表示深深的感谢,他们在有关的实践与验证中做了许多有益的工作,WDDBS系统的研制成功都得益于他们。

我们同样感谢东北大学的有关同仁及研究生,感谢他们对研制分布式数据库系统所作的贡献,以及对作者的帮助。

由于水平有限,若有不当之处,敬请批评指正。

目 录

第一章 概述	1
1.1 分布式数据库系统定义	1
1.2 分布式数据库系统的特点	2
1.3 分布式数据库系统的环境	6
1.4 分布式数据库系统的分类及问题	8
1.4.1 分布式数据库系统的分类	8
1.4.2 异构分布式数据库系统的问题	8
1.4.3 同构分布式数据库系统的问题	9
1.4.4 语言转换	9
1.5 分布式数据库系统的研究现状及应用	9
第二章 分布式数据库系统体系结构	13
2.1 分布式数据库模式结构及分布式数据库.....	13
2.2 分布式数据库管理系统.....	16
2.3 分布式数据库系统结构.....	18
2.4 客户/服务器体系结构	20
第三章 数据分布	23
3.1 数据分布概念.....	23
3.2 数据划分原则及分片方法.....	25
3.2.1 分片操作原则	25
3.2.2 分片操作	26
3.2.3 分片操作的正确性	30
3.3 数据分配的原则和方法.....	31
3.3.1 数据分配的一般准则	31
3.3.2 数据分配的方法	34
3.4 数据分布结构模式定义.....	36
3.4.1 分解树	36
3.4.2 数据分布模式定义	39
3.5 分布式数据库的分布透明.....	41
3.5.1 简单查询.....	42
3.5.2 复合查询.....	43
3.5.3 更新操作.....	46
3.5.4 多元组查询	49
3.6 分布式数据的引用完整性.....	52
第四章 分布式查询处理	54

4.1	分布式查询的特点	54
4.1.1	全局查询及局部查询处理	54
4.1.2	分布式查询的代价因素	55
4.2	全局查询转换基础知识	56
4.2.1	查询表示及等价转换性质	56
4.2.2	分布查询中关系代数的扩充	59
4.3	全局查询到逻辑查询的转换	61
4.3.1	全局查询到逻辑查询的转换原则(步骤)	61
4.3.2	等价转换准则	61
4.3.3	逻辑转换的其它细节	68
4.4	逻辑查询到物理查询的转换	73
4.4.1	物理转换中的基本内容	74
4.4.2	关系的静态特性	75
4.4.3	通讯代价的估算	78
4.4.4	物理转换查询模型	79
4.4.5	操作场地选择	80
4.5	联接操作	81
4.5.1	用半联接程序处理联接操作	81
4.5.2	直接处理联接操作	87
4.6	综合性查询处理	90
4.7	二元操作代价计算	91
第五章	分布式事务管理	93
5.1	分布式事务模型	93
5.1.1	分布式事务概念	93
5.1.2	分布式事务特性	94
5.1.3	分布式事务管理目标	95
5.1.4	分布式事务模型	95
5.2	分布式事务的原子性	98
5.2.1	事务恢复机制	98
5.2.2	分布式事务恢复机制	98
5.3	分布式事务可串行化理论	99
5.3.1	基本概念	99
5.3.2	可串行化原理	100
5.3.3	可串行化的判定	102
第六章	分布式并发控制	104
6.1	分布式并发控制概念	104
6.1.1	锁模型	104
6.1.2	时间印模型	105
6.2	分布式两段锁协议(2PL 协议)	106

6.2.1	2PL 协议	106
6.2.2	2PL 协议的正确性	106
6.2.3	2PL 协议的性质	106
6.3	分布式死锁及处理	107
6.3.1	超时法解决死锁	107
6.3.2	死锁等待图	108
6.3.3	集中式或分层控制检测死锁	109
6.3.4	分布式死锁检测	110
6.3.5	分布式死锁的预防	111
6.4	多副本的并发控制	112
6.4.1	读一写全法	112
6.4.2	多数法	113
6.4.3	主副本法	113
6.4.4	中心场地法	113
6.4.5	主副本令牌法	114
6.5	时间印方法	114
6.5.1	基本时间印方法	115
6.5.2	保守时间印方法	116
6.6	乐观的并发控制方法	117
第七章	分布式恢复	120
7.1	故障模型	120
7.1.1	集中式数据库系统的故障模型	120
7.1.2	分布式数据库系统的通讯故障模型	121
7.2	分布式事务的两段提交协议(2PC 协议)	122
7.2.1	2PC 协议	122
7.2.2	2PC 协议对故障处理	123
7.2.3	2PC 协议的通讯结构	125
7.2.4	2PC 协议的改进	128
7.3	非阻塞提交协议	129
7.3.1	阻塞	129
7.3.2	提交协议状态图	129
7.3.3	3PC 协议	129
7.3.4	3PC 协议对故障处理	131
7.4	恢复策略	132
7.5	多副本恢复算法	133
7.5.1	读一写全法的恢复	134
7.5.2	多数法的恢复	135
7.5.3	主副本法的恢复	135
7.6	网络分割	136

7.6.1	主场地法	137
7.6.2	多数法和基于法定人数的协议	137
第八章	分布式数据库的完整性和安全性	139
8.1	集中式数据库中的完整性	139
8.1.1	完整性的概念	139
8.1.2	完整性约束	140
8.1.3	关系约束	140
8.1.4	域约束	141
8.1.5	引用完整性约束	141
8.1.6	显式约束	142
8.1.7	静态和动态约束	143
8.2	分布式数据库中的完整性	143
8.2.1	局部完整性约束	143
8.2.2	全局完整性约束	144
8.2.3	局部与全局完整性的不一致性	144
8.3	集中式数据库中的安全性	144
8.3.1	数据库安全性问题	145
8.3.2	存取控制的类型	146
8.3.3	多级安全性	146
8.3.4	SQL 语言中的安全性命令	147
8.4	分布式数据库中的安全性	149
8.4.1	用户标识和授权	149
8.4.2	授权规则的分布	149
8.4.3	加密	149
8.4.4	全局视图机制	150
第九章	分布式数据库的目录系统	151
9.1	目录系统的内容与功能	151
9.1.1	目录系统的内容	151
9.1.2	目录系统的功能	152
9.2	目录系统的组织结构	155
9.2.1	目录系统的组织方式	155
9.2.2	目录系统的逻辑结构	155
9.2.3	目录管理系统	156
9.3	目录的分布	156
9.4	具有场地自治性的对象命名和目录管理	158
第十章	分布式多数据库系统	160
10.1	多数据库系统的体系结构	160
10.1.1	支持全局概念模式的多数据库系统	160
10.1.2	不带全局概念模式的多数据库系统	161

10.1.3	多数据库管理系统的软件结构	162
10.2	数据库集成技术	162
10.2.1	集成机制	163
10.2.2	全局数据模型和公共数据模型	163
10.2.3	模式翻译	164
10.2.4	模式集成	164
10.3	多数据库查询处理	165
10.3.1	多数据库数据语言	165
10.3.2	多数据库查询处理过程	165
10.4	多数据库事务管理	166
10.4.1	多数据库事务管理的系统结构	167
10.4.2	多数据库事务模型	168
10.4.3	多数据库事务的提交机制	170
10.5	多数据库事务的并发控制机制	170
10.5.1	不同并发控制方法的集成	171
10.5.2	基于全局等待图的乐观方法	172
10.5.3	与具体应用相关的方法和准可串行性	173
第十一章	分布式数据库技术发展方向	175
11.1	开放式数据服务器	175
11.1.1	集中式数据服务器方法	176
11.1.2	分布式数据服务器方法	177
11.2	并行数据服务器	178
11.2.1	体系结构	178
11.2.2	数据定位策略	180
11.2.3	并行操作处理	182
11.2.4	并行查询处理	185
11.3	分布式知识库系统	186
11.3.1	知识库的基本概念	186
11.3.2	并行递归查询处理	188
11.4	分布式面向对象数据库系统	190
11.4.1	面向对象数据库的基本概念	190
11.4.2	分布式对象管理	191
11.4.3	分布式面向对象数据库中的管理机制	193
参考文献	195

第一章 概 述

数据库系统在当今各种计算机上已经成为一种重要的程序设计系统,是信息处理的重要工具和组成部分,其理论和技术都已达到相当成熟的阶段。然而,由于应用要求的不断提高,数据库技术也将接受新的挑战。分布式数据库系统就是最早被重视的领域之一。

数据库系统是针对文件系统缺乏数据共享和对数据的集中统一管理而提出的。数据库对数据的管理具有持久性、有效性和共享性的特点,极大地减少了数据的冗余,消除了数据不一致性的隐患,提高了存储和查询效率,这是数据库系统被人们接受的关键。数据库系统对分散的各自独立而又有共享要求的数据,进行集中统一的管理,并用统一的描述使分散在各处的应用数据相对地集中到一个数据库中,这将消除文件系统中存在的弊端。然而,开始阶段来不及重视的地域分散的特定需求,由于过分的集中又产生了不协调。随着计算机技术的发展、新领域的涌现和实用化的进展,人们期望着符合现实需要的、能处理分散地域的、具备数据库管理特点的新的数据库系统的出现。这样,分布式数据库系统被提出来,计算机网络虽然可以实现地域分散情况下的数据传输,以达到数据共享的目的,但它只是全文件的复制,缺乏对数据的管理。因此,人们设想以“数据库系统+计算机网络”来实现分布式数据库系统,既达到对数据的集中管理与共享,又能使地域的分散性被系统隐蔽起来。这种要求在现实中到处存在,如银行和它的支行、分理处对业务处理的要求。

本章介绍分布式数据库系统的基本概念,包括分布式数据库系统的定义(组成的成分)、特点、运行环境、分类等,从此引伸出分布式数据库系统要研究的内容,以作为全书的总纲,最后简要地回顾分布式数据库系统的研究概况。

1.1 分布式数据库系统定义

分布式数据库系统(Distributed Data Base System, 缩写 DDBS)是面向地理上分散,而管理上又需要不同程度集中管理的企、事业单位提供数据管理的信息管理系统。因此,可以把分布式数据库系统看成是:

数据库系统+计算机网络

但它又有别于这二者的简单结合。这是因为:

(1) 如果在计算机网络中,每个节点都装有数据库系统,其数据虽然达到共享,但却没有统一的管理,而且对于用户来说,当使用外场地数据时必须指明场地位置,达不到场地透明性。

(2) 如果只在计算机网络中某一场地设置数据库系统,其它场地不设,这就如数据库系统有多个终端(远程)用户,显然达不到数据分散存储的目标。

因此,分布式数据库系统的严格定义应是:

分布式数据库是一组数据集,逻辑上它们属于同一系统,而物理上它们分散在用计算

机网络连接的多个场地上,并统一由一个分布式数据库管理系统管理。

与数据库系统一样,分布式数据库系统也包含两个重要的成分:分布式数据库和分布式数据库管理系统。

1. 分布式数据库(Distributed Data Base, DDB)

分布式数据库是计算机网络环境中各场地(Site)或节点(Node)上数据库的逻辑集合。为了区别,我们称传统方式的数据库系统为集中式数据库系统(DB),而称分布式数据库系统中的各场地数据库为局部数据库(Local DB,LDB)。也就是说,DDB是一组结构化的数据集合,逻辑上属于同一系统,而物理上分布在计算机网络的各个不同节点上。需要强调的是这组数据的**分布性**和**逻辑协调性**。

分布性,是指数据不是存放在单一场地为单个计算机配置的存储设备上,而是按全局需要将数据划分成一定结构的数据子集,分散地存储在各个场地(节点)上。

逻辑协调性,是指各场地上的数据子集,相互间由严密的约束规则加以限定,而在逻辑上是一个整体。

由此可见,分布式数据库的分布性使之有别于集中式数据库;而分布式数据库的逻辑协调性又有别于网络连接的分散数据库,在数据独立性上更是远远地优于分散数据库。但我们仍然可以看到,集中式数据库是分布式数据库的基础,而计算机网络则是分布式数据库的必要环境。

实际上,基于以上两特性的 DDB,是虚拟的、逻辑的,即是由许多 LDB 逻辑组织而成的,它是针对于全体用户的,全局的数据库。因此,又称分布式数据库为**全局数据库**(Global DB,GDB),它是虚设的,只有**局部数据库** LDB 才是物理的数据库。

2. 分布式数据库管理系统(Distributed Data Base Management System, DDBMS)

分布式数据库管理系统和集中式数据库管理系统一样,是分布式数据库系统中的一组软件。负责管理分布环境下逻辑集成数据的存取、一致性、有效性、完整性等。同时,由于分布性,在管理机制上还必须具有计算机网络通讯协议上的分布管理特性。

因此,分布式数据库管理系统比集中式数据库管理系统更加复杂。除了上述因素外,还可能由于各个局部数据库有不同的模型,如关系型、网络型和层次型等,则使分布式数据库的数据将在数据描述(模型确定的)及格式上不同,因而要进行必要的转换,才能使用户得到统一的数据。一般情况下,分布式数据库系统使用统一的数据模型,将各局部数据库经过转换一致起来。这样,无论在任何节点上用户都面对一个统一的模型,这使用户的使用变得简单,也有利于数据的管理。

1.2 分布式数据库系统的特点

分布式数据库系统,是数据库系统的新类型,因此具有集中式数据库系统的特点。同时,还由于它的分布性从而又使这些特点具有不同的含意。

传统的数据库系统是针对文件系统的弱点,用集中控制以实现数据共享,这是其最主要的特色。而分布式数据库系统除此之外,由于它是和计算机网络结合,是分散与集中的

统一,因此兼有二者的共同特性。

1. 共享性与自治性

在分布式数据库系统中,多个场地或节点的局部数据库在逻辑上集成为一个集体,并为分布式数据库系统的所有用户使用,这种应用称为分布式数据库的**全局应用**,其用户为**全局用户**;同时,分布式数据库系统还允许用户只使用本地的局部数据库,这种应用为**局部应用**,其用户即为**局部用户**,甚至局部用户所使用的数据可以不参与到全局数据库中去。这种局部用户独立于全局用户的特性即是局部数据库的**自治性**。

由于自治性,对于场地来说有两种数据,一种是参与全局数据库的局部数据,而另一种则是不参与全局数据库但又为本地共享的场地数据。前一种我们仍然称之为LDB,而称后一种为场地私有数据库(P,DB),这种应用和DB与集中式数据库的应用基本一致。

但由此便产生了P,DB转换为LDB,以及由LDB转变为P,DB的要求。而它们实际上是由不同的数据库管理者(DBA)加以控制的,形成了分布式数据库的两级管理者:**全局数据库管理者(DBA)**和**局部数据库管理者(LDBA)**。

2. 冗余的可控性

将数据组织在数据库中以便数据共享,为此要尽量减少数据冗余,这不仅使存储代价降低,而且还可提高查询效率,便于数据一致性维护,这是数据库优于文件系统特点之一。但是,对数据库来说,也不可能达到绝对的无冗余数据。对于分布式数据库来说,由于数据存储的分散性,各场地在网上传输数据,使得与集中式数据库相比,查询响应中增加了传输代价。因此,分布式数据库中数据一般存储在经常使用的场地上,但这并不排除有二个以上的场地应用对同一数据有存取要求,而且当传输代价高于存储代价时,可以将同一数据冗余存储在两个(甚至更多)场地上,以节省开销。另外,有多副本存储,对系统的可用性亦可提高,即当系统中某个节点故障时,由于有其它副本在非故障场地上,所以对其它所有场地来说都是可用的,而且保证数据的完备性。这种冗余度由于是在系统控制之下的,所以不会给系统造成更不利的影响。

另外,由于可用副本的存在也相应地提高了自治性性能。

当然,由于冗余的存在也会带来一定的不利影响。除了增加系统存储外,同时也给系统的完整性、一致性控制的代价上升,实现技术则更困难。因此对可控的冗余性选择,要根据特定系统的实际需要和性能要求而定,不可能给出一个统一的评价标准。

3. 事务管理的分布性

分布式数据库系统的事务管理,由于数据的分布必使得事务也具有了分布性,即一个事务(全局事务)的执行将划分成在许多场地上执行的子事务(局部事务),子事务的执行结果合并而成全局事务的结果。这样的事务即为分布事务。

例 1.1 某银行对地处不同场地上的两个帐户转移资金。

对集中式数据库,A 帐户的资金 100 元转移到 B 帐户名下,事务:

T: A, A: A-100, B, B: B+100

则保证了事务的正确性。

对分布式数据库也是同样的要求,但 A 和 B 不在同一场地,且 A 和 B 都有多个副本。假设 A 在 S_1, S_2 各有一副本, B 在 S_3, S_4 各有一副本,用户请求在 S_5 发出,即结果应回送至 S_5 ,则分布事务 T:

$T_1, T_2: A, A: A-100$

$T_3, T_4: B, B: B+100$

T_5 [返回结果(或结束)消息]

此时 T 由 T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 组成。

可见,分布式的事务处理比集中式的事务处理更加复杂,管理也更加困难。这和下述几种因素的存在有关:

(1) 由于结构性的变化,数据已经从逻辑结构和物理结构的组织方式扩展为全局逻辑结构、局部逻辑结构和局部物理结构方式。由于一个全局关系模式可划分成相交或不相交的多个子关系模式,从而数据也相应的分成各自模式的片段,同时每个片段又可能有多个副本在不同的场地上存储。因此,分布事务一般是分成多个子事务在不同的场地上执行。同时要保证分布事务(或全局事务)的操作结果具有语义完整性和全局数据库的一致性。

(2) 分布事务管理是针对全局数据的事务管理,它与集中式数据库的事务管理在处理策略上有本质上的差别。由于在分布式数据库中,数据副本以各种不同形式的片段重复存储,因此,在组织子事务时必须以不同的优化原则加以组织,才能保证分布事务的可行性和有效性。另一方面,由于分布事务的子事务分布执行,则增加了实际执行中的并行处理能力,这将允许系统在保证全局可串行化的前提下,有提高效率的可能。

(3) 分布事务具有由局部子事务合成为全局事务而不“失真”的性质,因此各局部子事务必须在本场地是可串行化的,同时全局事务对系统而言也是可串行化的。这样才能使事务的可恢复性得以保证。

(4) 分布事务的可恢复性由于系统的分布性变得复杂,这不仅由场地计算机可能引出恢复问题,还可能由于计算机网络故障引发出恢复的要求。特别当计算机网络发生故障时,虽然分布事务执行到正常结束(得到正确的结果,或者夭折),我们都必须注意到不工作的那部分网络场地上的数据副本和工作场地上数据副本的不一致性。这时系统应保证网络恢复后,数据副本有异步更新的步骤,从而使各数据副本的一致性得到保证。

4. 存取效率

对于集中式数据库来说,层次方法,网络方法是以导航方式处理查询请求的,因此其效率由于查询语言的过程性,有时要靠用户的程序优化加以保证;关系方法由于支持非过程性查询语言,则是以合理的存储方式以及查询的“优化”处理部件解决查询效率的。

在分布式数据库系统中,全局查询被分解成等效的子查询,即全局查询执行计划分解成多个子查询执行计划加以执行。它是根据系统的全局优化策略产生的,而子查询计划又是在各场地上分布执行的。因而,分布式数据库系统中查询优化以两级进行,全局优化和局部优化。

全局优化主要决定在多副本中选取适的场地副本,使得场地间的数据传输量以及次数最少,从而使系统通信开销少。