



中国科学院研究生教学丛书



分布式数据库系统 及其应用

邵佩英 编著

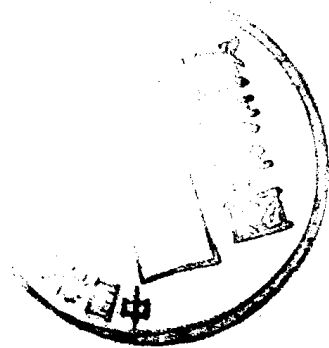
科学出版社

73.967
332

中国科学院研究生教学丛书

分布式数据库系统及其应用

邵佩英 编著



科学出版社

2000

.. 2001094

内 容 简 介

JS113/02

本书为《中国科学院研究生教学丛书》之一。

分布式数据库系统是计算机网络技术与数据库技术互相渗透和有机结合的产物,它主要研究在计算机网络上如何进行数据的分布和处理。

本书共分 10 章。第一章介绍相关的基础知识,阐述分布式数据库系统的概念、结构、功能、特点及存在的问题;第二章讲述分布式数据库设计的思想和原理、技术和方法,突出分布式数据库系统设计的特色:数据的分片设计和数据的分布设计;第三章至第七章是研究分布式数据库系统的重点,分别讨论分布式数据库的查询处理与优化、事务管理、并发控制、可靠性、安全性以及分布式数据库的目录管理等;第八章从理论和实际应用角度,阐述了客户机/服务器计算模式的概念、结构特征、工作原理、技术方法等,及与分布式数据库系统的关系;第九章以流行的数据库管理系统 SYBASE 为例,介绍 SYBASE DBMS 的功能和性能特点、体系结构及相应成分,系统建模和应用开发使用的工具,以及 SYBASE 的分布式数据处理功能;第十章展望分布式数据库的发展前景和研究方向。

本书可作为计算机专业本科生或研究生教材,也可作为从事计算机信息处理研究或应用开发人员的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

分布式数据库系统及其应用/邵佩英编著. -北京:科学出版社,2000
(中国科学院研究生教学丛书)

ISBN 7-03-008177-3

I. 分… II. 邵… III. 分布式数据库-研究生-教学参考资料
IV. TP311.133.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 05383 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2000 年 6 月第一次印刷 印张: 19

印数: 1—3 000 字数: 425 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《中国科学院研究生教学丛书》总编委会

主 任：白春礼

副 主 任：余翔林 师昌绪 杨 乐 汪尔康 沈允钢

黄荣辉 叶朝辉 李 佩

委 员：朱清时 匡廷云 叶大年 王 水 冯克勤

冯玉琳 刘政凯 龚 立 侯建勤

《中国科学院研究生教学丛书》 技术学科编委会

主 编：师昌绪

副 主 编：冯玉琳

编 委：刘政凯 徐至展 陈先霖 王占国 马颂德

吴承康 史忠植

《中国科学院研究生教学丛书》序

在 21 世纪曙光初露,中国科技、教育面临重大改革和蓬勃发展之际,《中国科学院研究生教学丛书》——这套凝聚了中国科学院新老科学家、研究生导师们多年心血的研究生教材面世了。相信这套丛书的出版,会在一定程度上缓解研究生教材不足的困难,对提高研究生教育质量起着积极的推动作用。

21 世纪将是科学技术日新月异,迅猛发展的新世纪,科学技术将成为经济发展的最重要的资源和不竭的动力,成为经济和社会发展的首要推动力量。世界各国之间综合国力的竞争,实质上是科技实力的竞争。而一个国家科技实力的决定因素是它所拥有的科技人才的数量和质量。我国要想在 21 世纪顺利地实施“科教兴国”和“可持续发展”战略,实现小平同志规划的第三步战略目标——把我国建设成中等发达国家,关键在于培养造就一支数量宏大、素质优良、结构合理,有能力参与国际竞争与合作的科技大军,这是摆在我国高等教育面前的一项十分繁重而光荣的战略任务。

中国科学院作为我国自然科学与高新技术的综合研究与发展中心,在建院之初就明确了出成果出人才并举的办院宗旨,长期坚持走科研与教育相结合的道路,发挥了高级科技专家多,科研条件好,科研水平高的优势,结合科研工作,积极培养研究生;在出成果的同时,为国家培养了数以万计的研究生。当前,中国科学院正在按照江泽民同志关于中国科学院要努力建设好“三个基地”的指示,在建设具有国际先进水平的科学研究基地和促进高新技术产业发展基地的同时,加强研究生教育,努力建设好高级人才培养基地,在肩负起发展我国科学技术及促进高新技术产业发展重任的同时,为国家源源不断地培养输送大批高级科技人才。

质量是研究生教育的生命,全面提高研究生培养质量是当前我国研究生教育的首要任务。研究生教材建设是提高研究生培养质量的一项重要基础性工作。由于各种原因,目前我国研究生教材的建设滞后于研究生教育的发展。为了改变这种情况,中国科学院

组织了一批在科学前沿工作,同时又具有相当教学经验的科学家撰写研究生教材,并以专项资金资助优秀的研究生教材的出版。希望通过数年努力,出版一套面向21世纪科技发展,体现中国科学院特色的高水平的研究生教学丛书。本丛书内容力求具有科学性、系统性和基础性,同时也兼顾前沿性,使阅读者不仅能获得相关学科的比较系统的科学基础知识,也能被引导进入当代科学研究的前沿。这套研究生教学丛书,不仅适合于在校研究生学习使用,也可以作为高校教师和专业研究人员工作和学习的参考书。

“桃李不言,下自成蹊。”我相信,通过中国科学院一批科学家的辛勤耕耘,《中国科学院研究生教学丛书》将成为我国研究生教育园地的一丛鲜花,也将似润物春雨,滋养莘莘学子的心田,把他们引向科学的殿堂,不仅为科学院,也为全国研究生教育的发展作出重要贡献。

钱亦群

前 言

数据库技术从 20 世纪 60 年代中期产生至今,虽然只有短短 30 几年的历史,但其发展速度之快、应用范围之广是其他许多技术所远不及的。当今社会已进入信息时代,信息越来越引起人们的关注,但任何信息处理都离不开数据库技术。随着计算机网络技术的发展,又极大地拓展了数据库技术应用的广度和深度。在现实世界中,由于地域上分散而管理上又相对集中的大型企业组织、公司集团、商业团体,又向数据库技术提出新的要求:不但要求本部门信息处理使用数据库技术,而且要求地域上分散的信息能够互连和共享,从而使得分布式数据库技术应运而生,并迅速成为现代数据库的主流技术,特别是基于客户机/服务器计算模式的协作式分布式数据库系统,近年来已成为热点,并在实际应用中起着积极的作用。

分布式数据库系统是计算机网络技术与数据库技术互相渗透和有机结合的产物,它主要研究在计算机网络上如何进行数据的分布和处理。由于它有着许多突出的特点,十分适合大集团、大企业,多种行业,如银行、连锁店、保险业、交通业,跨地区管理机构,以及军事国防等领域的应用。在这些组织中,往往既要有各部门的局部控制和分散管理,也要有整个组织的全局集中控制和高层次的协同管理。这就要求各部门的信息既能够灵活交流和共享,又能够统一管理和使用。可见,分布式数据库技术有着广阔的应用背景。

尽管分布式数据库技术发展迅速,并日趋完善,但由于它的建立环境复杂,技术内容丰富,至今仍然有很多理论和实际问题有待进一步研究和解决。为此,一些大学和研究单位都为本科生和研究生开设“分布式数据库系统”课程和讲座。但有关这一专题出版的书籍却不多。因此,作者根据几年来从事分布式数据库的教学和应用实践,并参考有关资料,编写了《分布式数据库系统及其应用》。

本书共 10 章。第一章分布式数据库系统概述,介绍相关的基础知识,阐述分布式数据库系统的概念、结构、功能、特点及存在问题(也是研究方向);第二章分布式数据库系统的设计,阐述分布式数据库设计的思想和原理,技术和方法,突出分布式数据库系统设计的特色:数据的分片设计和数据的分布设计;第三章至第七章是研究分布式数据库系统的重点,分别讨论分布式数据库的查询处理与优化、事务管理、并发控制、可靠性、安全性以及分布式数据库的目录管理等。第八章客户机/服务器模式与分布式数据库,从理论和实际应用角度,阐述了客户机/服务器计算模式的概念、结构特征、工作原理、技术方法、与分布式数据库系统的关系;第九章是以流行的数据库管理系统 SYBASE 为例,介绍基于客户机/服务器模式的系统,并从实际应用出发,阐述一个使用 SYBASE 系统的高级应用开发人员应该了解和掌握的关于 SYBASE DBMS 的功能和性能特点、体系结构及相应成分、系统建模和应用开发使用的主要工具以及 SYBASE 的分布式数据处理功能;第十章分布式数据库发展趋势,展望了分布式数据库系统的发展前景,进一步阐述客户机/服务器模式与分布式数据库的关系,介绍与分布式数据库研究方向有关的并行数据库技术、知识库技术和面向对象数据库技术。

本书所阐述的内容旨在学习和掌握已经证明了是正确的理论、思想和方法,指导分布式数据库系统的实现和分布式数据库技术的应用;学习如何分析和解决在实践中可能出现的问题和困难;了解分布式数据库系统技术的发展趋势和研究方向,拓展数据库的相关知识。

本书可作为计算机专业本科生或研究生教材,也可作为从事计算机信息处理研究或应用开发人员的参考资料。在学习本书之前,读者应具有数据库的基本概念和基础知识。

中国科学技术大学研究生院罗晓沛教授和孙淑玲教授,中国科学院高能物理研究所李伯民研究员仔细审阅了全书,对术语、文字进行了规范,并提出许多宝贵意见,在此向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加上分布式数据库涉及的知识面广,而且在迅速发展,许多术语尚未统一。若有不当之处,敬请读者指正。

作 者

目 录

《中国科学院研究生教学丛书》序

前言

第一章 分布式数据库系统概述	(1)
1.1 分布式数据库系统的由来与发展	(1)
1.1.1 分布式数据库系统的由来	(1)
1.1.2 分布式数据库系统的发展	(1)
1.2 分布式数据库系统的定义与特点	(3)
1.3 分布式数据库系统的分类	(5)
1.3.1 按局部数据库管理系统的数据库模型分类	(5)
1.3.2 按分布式数据库控制系统的类型分类	(6)
1.4 分布式数据库系统的体系结构和组成成分	(7)
1.4.1 分布式数据库系统的体系结构	(7)
1.4.2 分布式数据库管理系统的组成成分及其功能	(7)
1.4.3 分布式数据库管理系统的一种参考模型	(8)
1.5 分布式数据库及其模式结构	(15)
1.5.1 分布式数据库的组成	(15)
1.5.2 分布式数据库中数据的分片与分布	(16)
1.5.3 分布式数据库的模式结构	(18)
1.6 分布式数据库系统中数据的独立性与分布透明性	(21)
1.6.1 分布式数据库系统中数据的独立性与分布透明性概述	(21)
1.6.2 分布式数据库简单查询与分布透明性	(22)
1.6.3 分布式数据库复杂查询与分布透明性	(25)
1.6.4 分布式数据库更新应用与分布透明性	(27)
1.7 分布式数据库系统的优点和存在的问题	(29)
1.7.1 分布式数据库系统的优点	(29)
1.7.2 分布式数据库系统中存在的问题	(30)
1.8 本章小结	(31)
第二章 分布式数据库系统的设计	(32)
2.1 分布式数据库系统设计概述	(32)
2.1.1 分布式数据库系统的创建方法	(32)
2.1.2 分布式数据库系统设计的内容	(33)
2.1.3 分布式数据库设计的目标	(34)
2.1.4 分布式数据库设计的方法	(35)
2.2 自顶向下设计分布式数据库	(36)
2.2.1 自顶向下设计分布式数据库的步骤和内容	(36)
2.2.2 数据库的分片设计	(37)
2.2.3 数据库的片段位置分配设计	(41)

2.3	DATAID-D 方法	(44)
2.3.1	DATAID-D 方法概述	(44)
2.3.2	分布要求分析阶段	(45)
2.3.3	分布设计阶段	(45)
2.4	实例研究:飞机订票系统	(46)
2.4.1	实例研究概述	(46)
2.4.2	飞机订票系统中的分布要求分析	(49)
2.4.3	飞机订票系统中的分布设计	(51)
2.5	自底向上设计分布式数据库	(52)
2.5.1	自底向上设计分布式数据库要解决的问题	(52)
2.5.2	构造全局模式的设计问题和解决方法	(53)
2.5.3	自底向上综合的一个例子	(55)
2.6	本章小结	(56)
第三章	分布式查询处理和优化	(58)
3.1	分布式查询优化概述	(58)
3.1.1	分布式查询优化的目标	(58)
3.1.2	分布式查询优化的准则和代价估算	(58)
3.1.3	分布式查询策略的重要性	(59)
3.2	分布式查询优化中的基础知识	(60)
3.2.1	用关系代数表达式和 SQL 语句表示一个查询	(60)
3.2.2	查询树	(62)
3.2.3	等价变换规则的概念和术语	(62)
3.2.4	等价变换规则	(63)
3.3	分布式查询的分类与层次结构	(64)
3.3.1	分布式查询的分类	(64)
3.3.2	分布式查询处理的层次结构	(65)
3.4	基于关系代数等价变换的优化算法	(66)
3.5	基于半连接算法的查询优化	(69)
3.6	基于直接连接算法的查询优化	(71)
3.6.1	利用站点依赖信息的算法	(71)
3.6.2	分片和复制算法	(73)
3.6.3	站点依赖和数据复制结合	(76)
3.6.4	Hash 划分算法	(76)
3.6.5	不同方法的比较	(78)
3.6.6	直接连接操作的策略	(78)
3.7	本章小结	(79)
第四章	分布式事务管理和恢复	(80)
4.1	分布式事务概述	(80)
4.1.1	分布式事务定义和特性	(80)
4.1.2	分布式事务的结构	(81)
4.1.3	分布式事务管理的目标	(83)
4.2	分布式事务的执行与恢复	(85)
4.2.1	分布式事务的管理	(85)

4.2.2	分布式事务执行的控制模型	(86)
4.2.3	分布式数据库系统中的故障	(87)
4.2.4	事务故障的恢复	(88)
4.2.5	分布式事务的执行与恢复举例	(91)
4.3	两阶段提交协议	(92)
4.3.1	两阶段提交协议的基本思想和内容	(92)
4.3.2	两阶段提交协议的通信结构	(94)
4.3.3	两阶段提交协议与故障恢复	(99)
4.4	分布式事务增强数据库一致性	(101)
4.4.1	业务规则的一致性	(101)
4.4.2	冗余数据的一致性	(101)
4.5	分布式数据库中的数据更新	(103)
4.5.1	多站点的数据更新	(103)
4.5.2	主文本更新法	(104)
4.5.3	快照方法	(105)
4.6	本章小结	(106)
第五章	分布式数据库中的并发控制	(107)
5.1	并发控制的概念和原理	(107)
5.1.1	并发控制的概念	(107)
5.1.2	事务可串行化理论的基本概念	(109)
5.1.3	分布式事务的可串行化理论	(110)
5.1.4	并发控制机制的分类	(113)
5.2	分布式数据库系统并发控制的加锁技术	(114)
5.2.1	基于加锁的并发控制方法	(114)
5.2.2	两阶段锁协议	(118)
5.2.3	多粒度加锁与意想锁	(121)
5.3	死锁管理	(123)
5.3.1	全局死锁与等待图	(123)
5.3.2	死锁的预防方法	(126)
5.3.3	死锁的检测和解决方法	(127)
5.4	分布式数据库系统并发控制的时标技术	(129)
5.4.1	基于时标的并发控制方法	(129)
5.4.2	基本时标法	(130)
5.4.3	保守时标法	(131)
5.4.4	多版本时标法	(133)
5.5	分布式数据库系统并发控制的乐观方法	(133)
5.6	本章小结	(135)
第六章	分布式数据库的可靠性	(137)
6.1	分布式数据库可靠性的概念及其度量	(137)
6.1.1	分布式数据库的可靠性的概念	(137)
6.1.2	平均故障间隔时间和平均修复时间	(138)
6.2	分布式数据库系统的容错	(138)
6.2.1	分布式数据库系统中系统失败的原因	(138)

6.2.2	基本的容错方法和技术	(140)
6.3	分布式可靠性协议	(142)
6.3.1	分布式可靠性协议的组成	(142)
6.3.2	两阶段提交协议的演变	(143)
6.3.3	事务阻断与终结协议	(144)
6.3.4	两阶段协议的终结协议	(145)
6.3.5	两阶段协议的恢复协议	(148)
6.3.6	三阶段提交协议	(149)
6.3.7	网络分割与提交协议	(152)
6.4	不一致性的检测和解决方法	(158)
6.4.1	决定网络的状态	(158)
6.4.2	不一致性的检测和解决方法	(160)
6.4.3	检查点和冷启动	(162)
6.5	本章小结	(164)
第七章	分布式数据库的安全与管理	(166)
7.1	数据库安全概述	(166)
7.1.1	数据库安全的概念	(166)
7.1.2	分布式数据库的不安全因素	(167)
7.1.3	分布式数据库安全需求分析	(168)
7.2	安全数据模型与多级安全数据库	(168)
7.2.1	数据库安全术语与基本概念	(169)
7.2.2	权限控制与授权方式	(170)
7.2.3	多级安全 BLP 模型	(174)
7.2.4	基于标记的多级安全数据库	(176)
7.3	计算机系统与数据库管理系统的安全评估标准	(178)
7.3.1	计算机系统的安全评估标准	(178)
7.3.2	数据库管理系统的安全评估标准	(178)
7.3.3	当前流行的几种 RDBMS 安全机制	(179)
7.4	分布式数据库的目录管理	(183)
7.4.1	分布式数据库目录的内容及用途	(183)
7.4.2	目录系统的组织方式及逻辑结构	(184)
7.4.3	目录的分布方式	(185)
7.4.4	具有站点自治性的对象命名和目录管理	(186)
7.5	分布式数据库中权限保护和用户识别	(187)
7.5.1	分布式数据库中的权限和保护	(187)
7.5.2	分布式数据库中权限规则的分布	(188)
7.5.3	分布式数据库系统中的用户识别	(188)
7.5.4	分布式数据库系统中用户的分类	(189)
7.6	本章小结	(189)
第八章	客户机/服务器模式与分布式数据库	(191)
8.1	客户机/服务器计算模式	(191)
8.1.1	客户机/服务器计算模式概念	(191)
8.1.2	客户机/服务器环境下应用成分的分布	(192)

8.1.3	客户机/服务器模式的体系结构	(193)
8.2	客户机/服务器模式的定位	(197)
8.2.1	主机处理系统	(197)
8.2.2	文件处理系统	(198)
8.2.3	客户机/服务器处理系统	(199)
8.2.4	多服务器处理系统	(200)
8.2.5	对等处理系统	(201)
8.3	客户机/服务器模式的特性和优点	(202)
8.3.1	客户机/服务器模式的特性	(202)
8.3.2	客户机/服务器模式的优点与不足	(203)
8.4	分布式数据与分布式访问	(204)
8.4.1	从集中式到分布式数据的转移	(204)
8.4.2	数据分布的基本形式	(204)
8.4.3	数据分布的技术	(208)
8.4.4	分布式数据的访问	(211)
8.5	创建客户机/服务器系统	(214)
8.5.1	客户机/服务器系统开发工具	(214)
8.5.2	客户机/服务器模式应用系统的开发特点	(218)
8.6	本章小结	(221)
第九章	基于客户机/服务器模式的 SYBASE 系统	(222)
9.1	SYBASE 数据库系统概述	(222)
9.1.1	SYBASE 客户机/服务器体系结构	(222)
9.1.2	SYBASE 客户机/服务器数据库环境	(222)
9.1.3	SYBASE 客户机/服务器软件组成及其功能和性能特点	(223)
9.2	SYBASE Adaptive Server 基本框架及系统安装	(225)
9.2.1	系统数据库	(225)
9.2.2	系统表——数据字典	(226)
9.2.3	环境变量和系统文件	(228)
9.2.4	SYBASE SQL Server 安装	(230)
9.3	SYBASE 数据库语言 T-SQL 的使用方式及复杂语句	(230)
9.3.1	T-SQL 的使用方式	(230)
9.3.2	创建带有声明完整性约束的表	(232)
9.3.3	游标	(234)
9.3.4	存储过程	(235)
9.3.5	触发器	(236)
9.4	SYBASE C/S 接口 Open Client/Open Server	(238)
9.4.1	SYBASE Open Client	(238)
9.4.2	SYBASE Open Client 编程基础	(240)
9.4.3	SYBASE Open Client 应用编程	(242)
9.4.4	SYBASE Open Server	(243)
9.4.5	SYBASE Open Server 编程基础	(245)
9.4.6	SYBASE Open Server 应用编程	(245)
9.5	SYBASE 的分布式数据处理功能	(248)

9.5.1	Adaptive Server Enterprise	(248)
9.5.2	Backup Server	(250)
9.5.3	Replication Server	(250)
9.5.4	OmniCONNECT	(253)
9.5.5	DirectCONNECT	(254)
9.6	本章小结	(255)
第十章	分布式数据库发展趋势	(256)
10.1	数据服务器	(256)
10.1.1	数据服务器方案	(256)
10.1.2	数据服务器与分布式数据库	(258)
10.2	并行数据服务器	(259)
10.2.1	并行数据服务器体系结构	(260)
10.2.2	并行数据服务器数据定位	(262)
10.2.3	并行操作处理	(264)
10.2.4	并行查询处理	(270)
10.3	分布式知识库	(271)
10.3.1	知识库	(271)
10.3.2	逻辑查询处理	(274)
10.3.3	并行递归查询处理	(277)
10.4	分布式面向对象数据库	(282)
10.4.1	面向对象数据库	(282)
10.4.2	分布式对象管理	(283)
10.5	本章小结	(286)
参考文献	(287)

第一章 分布式数据库系统概述

1.1 分布式数据库系统的由来与发展

1.1.1 分布式数据库系统的由来

分布式数据库系统(Distributed Database System,简称 DDBS)的研究始于 20 世纪 70 年代中期。由于数据库应用需求的拓展和计算机硬件环境,特别是网络技术的发展,使分布式数据库系统应运而生,并成为计算机技术最活跃的研究领域之一。国际上每年都召开专门会议,研究探讨分布式数据库系统的各类问题及其解决方案。英国国家计算中心(National Computing Centre)专门对分布式数据库作了分析和预测,断言:“分布式系统,特别是以分布式数据库作为该系统的核心,将成为今后计算机科学发展的主要方向之一。”事实已经证明了这一点。

由于分布式数据系统符合当今信息系统应用的需求,符合当今企业组织的管理思想和管理方式。尤其是那些地域上分散而管理上又相对集中的大集团、大机关、大企业,如全球性的或全国性的公司、银行、连锁店、保险业、各类交通运输业,以及全国性人、财、资源、环境管理机构和军事国防部门等等。在这些组织中,往往既要有各部门的局部控制和分散管理,同时也要有整个组织的全局控制和高层次的协同管理。这种协同管理要求各部门之间的信息既能灵活交流和共享,又能统一管理和使用。而且,随着应用需求的扩大和要求的提高,人们越来越认识到集中式数据库的局限性,迫切需要把这些子部门的信息通过网络连接起来,组成一个分布式数据库,或重新建立一个既有各部门独立处理又适合全局范围应用的分布式数据库系统。

1.1.2 分布式数据库系统的发展

分布式数据库系统是数据库系统与计算机网络相结合的产物。世界上第一个分布式数据库系统 SDD-1 (System of Distributed Database)是由美国计算机公司(CCA)于 1976 年至 1978 年设计,并于 1979 年在 DEC-10 和 DEC-20 计算机上实现。

20 世纪 80 年代,分布式数据库系统进入成长阶段。一方面因为计算机功能增强而成本下降,使得各行各业都购置了计算机,从而有利于数据的分散处理;另一方面也因为计算机网络技术的发展,降低了数据传输的费用。特别是微型机和超级微型机的出现和计算机局域网的广泛应用,则为分布式数据库系统的研制和实现提供了必要的条件。事实上,不论是军事上还是民用上,分布式数据库技术研究都有着深刻的应用背景。因此,各国在 DDBS 上都投入了大量的人力、财力和物力,美国、西欧、日本等相继提出规模宏大的 DDBS 研制计划,例如:

- 德国的斯图加特大学研制的 POREL 系统,历时 11 年,投资 450 万马克。
- 美国 IBM 公司的 San Jose 研究室研制的 R^* ($R^* = R, RR, RRR, \dots$ 表示任意数目

的 R)和 System R。

- 美国加州大学 Berkely 分校研制的 INGRES 和荷兰阿姆斯特丹大学研制的扩展 INGRES,在 Unix/PDP 机上实现。
- 法国 INRIA 研制的 SIRIUS-DELTA 系统和 IMAG 研究中心研制的 MICROBE 系统。

1987 年,关系数据库的最早设计者之一 C.J.Date(另一位是 E.F.Codd),提出了完全的分布式数据库管理系统应遵循的 12 条规则,这 12 条规则现已被广泛接受,并作为分布式数据库系统的标准定义。它们是:

- (1)场地自治性(Local Autonomy);
- (2)非集中式管理(NoReliance On Central Site);
- (3)高可用性(Continuous Operation);
- (4)位置独立性(Location Transparency and Location Independence);
- (5)数据分割独立性(Fragmentation Independence);
- (6)数据复制独立性(Replication Independence);
- (7)分布式查询(Distributed Query Processing);
- (8)分布式事务管理(Distributed Transaction Management);
- (9)硬件独立性(Hardware Independence);
- (10)操作系统独立性(Operating System Independence);
- (11)网络独立性(Network Independence);
- (12)数据库管理系统独立性(DBMS Independence)。

分布式数据库系统已有 20 多年的发展历史,经历了一个从产生到发展的过程,取得了长足的进步,许多技术问题被提出并得到了解决。20 世纪 90 年代起,DBMS 已进入商品化应用阶段,当前,分布式数据库技术已经成熟并得到广泛应用。一些数据库厂商也在不断推出和改进自己的分布式数据库产品,以适应应用的需要和扩大市场占有率。但是,实现和建立分布式数据库系统绝对不是数据库技术与网络技术的简单结合,而是在这两种技术相互渗透和有机融合后的技术升华,它又产生了很多新的技术。而且,分布式数据库系统虽然基于集中式数据库系统,但分布式数据库系统却有它自己的特色和理论基础。由于数据的分布环境形成了很大的固有的技术难度,使得分布式数据库系统的应用被推迟。至今完全遵循分布式数据库系统 12 条规则,特别是实现完全分布透明性的商用系统还很难见到。

我国对分布式数据库系统的研究约在 20 世纪 80 年代初期开始,一些科研单位和高等学校先后建立和实现了几个各具特色的分布式数据库系统。如由中国科学院数学研究所设计,由该所与上海科学技术大学、华东师范大学合作实现的 C-POREL,武汉大学研制的 WDDBS 和 WOODDBS,东北大学研制的 DMU/FO 系统等等。他们的工作对我国分布式数据库技术的理论研究和应用开发起到了积极的推动作用。

随着计算机网络技术的飞速发展和广泛应用,特别是 Internet 的普及,使得对分布式数据库系统的研究和开发变得更加活跃,分布式数据库系统具有的潜在市场,如银行、交通、金融、国防、教学等应用领域,都需要分布式数据库系统的支持。一方面是实际应用的迫切需要,另一方面是技术相当复杂,某些原理上理论性问题已经研究成熟,但实际应用时,特别是复杂情况下的效率、可用性、安全性、一致性问题并不容易解决。为了解决和

减轻实现分布式数据库系统的技术难度,一种协作式分布式数据库系统得到迅速发展,这就是基于客户机/服务器结构的数据库系统。我们将在第八章中对它进行系统的阐述。

目前,由于新应用领域的出现,如办公自动化系统(OA)、计算机辅助设计与制造系统(CAD/CAM)、计算机集成制造系统(CIMS)等,以及计算机相关学科与数据库技术的有机结合,如面向对象程序设计技术、多媒体技术、并行处理技术、人工智能技术等。这定将促进分布式数据库系统向面向对象分布式数据库系统、分布式智能库和知识库系统等广阔的领域发展。

1.2 分布式数据库系统的定义与特点

分布式数据库系统,通俗地说,是物理上分散而逻辑上集中的数据库系统。分布式数据库系统使用计算机网络将地理位置分散而管理和控制又需要不同程度集中的多个逻辑单位(通常是集中式数据库系统)联接起来,共同组成一个统一的数据库系统。因此,分布式数据库系统可以看成是:计算机网络与数据库系统的有机结合。

在分布式数据库系统中,被计算机网络联结的每个逻辑单位,称为站点(Site)或结点(Node)。所谓地理位置上分散是指各站点分散在不同的地方,大可为不同国家,小可为同一建筑物中的不同位置。所谓逻辑上集中是指各站点之间不是互不相关的,它们是一个逻辑整体,并由一个统一的数据库管理系统进行管理,这个数据库管理系统称为分布式数据库管理系统(Distributed Database Management System,简称DDBMS)。

一个用户如果只访问他注册的那个站点上的数据称为本地(或局部)用户或本地应用;如果访问涉及两个或两个以上的站点中的数据,称为全局用户或全局应用。

由此可见,一个分布式数据库系统应该具有如下的特点:

(1)物理分布性:分布式数据库系统中的数据不是存储在一个站点上,而是分散存储在由计算机网络联结起来的多个站点上。所以,分布式数据库系统的数据具有物理分布性,这是与集中式数据库系统的最大差别之一。

(2)逻辑整体性:分布式数据库系统中的数据物理上是分散在各个站点中,但这些分散的数据逻辑上却是一个整体,它们被分布式数据库系统的所有用户(全局用户)共享,并由一个分布式数据库管理系统统一管理。这是分布式数据库的“逻辑整体性”特点,也是与分散式数据库的最大区别。区别一个数据库系统是分散式还是分布式,只要判断该数据库系统是否支持全局应用。

因此,分布式数据库系统中就有了全局数据库(GDB)和局部数据库(LDB)的概念。全局数据库由全局数据库管理系统进行管理,所谓全局是从整个系统角度出发研究问题。局部数据库由局部数据库管理系统(LDBMS)进行管理,所谓局部是从各个站点的角度出发研究问题。

(3)站点自治性:站点自治性也称场地自治性,各站点上的数据由本地的DBMS管理,具有自治处理能力,完成本站点的应用(局部应用),这是分布式数据库系统与多处理机系统的区别。多处理机系统虽然把数据也分散存放于不同的数据库中,但从应用角度来看,这种数据分布与应用程序没有直接的联系,所有的应用程序都由前端机处理,只不过对应用程序的执行是由多个处理机进行,这样的系统仍然是集中式数据库系统。