



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

1.133.1

科学出版社

1037
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

内 容 简 介

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〉)

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

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 and 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, …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,DDBS 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份额。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。

以上是分布式数据库系统的三个基本特点,也是区分一个系统是否为分布式数据库系统的依据。现在,给出分布式数据库系统的定义:分布式数据库系统中的数据是物理分布在用计算机网络联结起来的各个站点上。每一个站点可以是一个集中式数据库系统,都有自治处理的能力,完成本站点的局部应用。而每个站点并不是互不相关的,它们构成一个逻辑整体,统一在分布式数据库管理系统管理下,共同参与并完成全局应用。图1-1是分布式数据库系统的示意图。

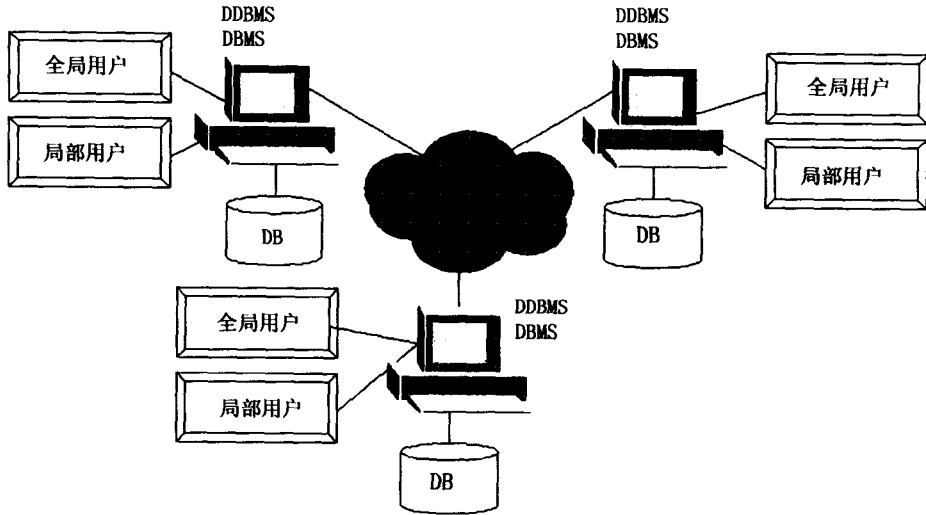


图 1-1 分布式数据库系统的示意图

由以上这三个分布式数据库系统基本特点还可以导出它的其他特点,包括:

(1)数据独立性:数据独立性是数据库方法追求的主要目标之一。在集中式数据库系统中,数据独立性包括两个方面:数据的逻辑独立性与数据的物理独立性。其含义是用户程序与数据的逻辑结构及数据的存储结构无关。

在分布式数据库系统中,数据独立性具有更多的内容。除了数据的逻辑独立性与物理独立性外,还有数据分布独立性亦称分布透明性(Distribution Transparency)。分布透明性指用户不必关心数据的逻辑分片,不必关心数据是否被复制及复制副本的个数(冗余数据),也不必关心数据物理及其片段的位置分布的细节,同时也不必关心局部场地上数据库支持哪种数据模型。分布透明性也可以归入物理独立性的范围。关于分布透明性的进一步讨论将在稍后进行。

(2)集中与自治相结合的控制机制:在分布式数据库系统中,数据的共享有两个层次:一是局部共享,即同一站点上的用户可共享本站点上局部数据库中的数据,以完成局部应用;二是全局共享,即分布式数据库系统上的用户都可共享在分布式数据库系统的各个站点上存储的数据,以完成全局应用。

因此,分布式数据库系统常常采用集中和自治相结合的控制机制。各局部的 DBMS 可以独立地管理局部数据库,具有自治的功能。同时,系统又设有集中控制机制,协调各局部 DBMS 的工作,执行全局管理功能。

(3)适当增加数据冗余度:在集中式数据库系统中,尽量减少冗余度是系统目标之一。

其原因是,冗余数据不仅浪费存储空间,而且容易造成各数据副本之间的一致性,为了保证数据的一致性,系统要付出一定的维护代价。减少数据的冗余度是通过数据共享来达到的。而在分布式数据库系统中却通过冗余数据提高系统的可靠性、可用性和改善系统性能,因为当某一站点出现故障时,系统可以对另一站点上的相同副本进行操作,不会因某一处故障而造成整个系统的瘫痪。另外,系统可以选择用户最近的数据副本进行操作,减少通信代价,改善整个系统的性能。

但是,数据冗余同样会带来冗余副本之间数据不一致的问题,这是分布式数据库系统必须着力解决的问题。一般,增加数据冗余度方便了检索,提高了系统的查询速度、可用性和可靠性,但不利于更新,增加了系统维护的代价。

(4)事务管理的分布性:数据的分布性必然造成事务执行和管理的分布性。即,一个全局事务的执行可分解为在若干个站点上子事务(局部事务)的执行。同样事务的原子性、一致性、可串行性、隔离性和永久性以及事务的恢复也都要考虑分布性。

分布式数据库系统是在集中式数据库系统技术的基础上发展起来的,但不是简单地集中式数据库分散地实现,它是具有自己的性质和特征的系统。集中式数据库的许多概念和技术,包括数据独立性、数据共享和减少冗余度、查询优化、并发控制、事务管理、完整性、安全性和恢复等等在分布式数据库系统中都有了不同的且更加丰富的内容。我们将在以后相关章节中讨论。

1.3 分布式数据库系统的分类

对分布式数据库系统的分类虽没有统一的标准,但较为认同的分类方法有两种。一种是按构成分布式数据库系统的局部数据库管理系统的数据库模型来进行分类;另一种是按分布式数据库系统的全局控制系统类型来进行分类。

1.3.1 按局部数据库管理系统的数据库模型分类

按分布式数据库系统中的各站点中的局部数据库管理系统的数据库模型对 DDBS 进行分类是一种常见的分类方法。按照这种分类方法,分布式数据库系统可以分为如下两大类:

(1)同构型(Homogeneous)DDBS:有的翻译成同质型 DDBS,但在我国数据库界流行翻译成同构型 DDBS,对于“同质”另有一层含义。如果各个站点上的数据库的数据模型都是同一类型的(例如都是关系型),则称该数据库系统是同构型 DDBS。但是,具有相同类型的数据模型若为不同公司的产品,其性质也不尽相同。因此,同构型 DDBS 又可分为两种:

- 同构同质型:如果各个站点上的数据库的数据模型都是同一类型的(例如都是关系型的),而且是同一种 DBMS(通常是同一个厂家的产品),则称该分布式数据库系统是同构同质型 DDBS。
- 同构异质型:如果各个站点上的数据库的数据模型都是同一类型的,但不是同一种 DBMS(例如有 SYBASE,有 ORACLE 等等),则称该分布式数据库系统是同构异质型 DDBS。

同构型分布式数据库系统有:

- * SDD-1 美国 CCA 公司
- * SYSTEM R * 美国 IBM 公司
- * POREL 德国斯图加特大学
- * DDM 美国 CCA 公司
- * SIRIUS-DELTA 法国
-

(2)异构型(Heterogeneous)DDBS:如果各站点上数据库数据模型的类型是各不相同的,则称该分布式数据库系统是异构 DDBS。

典型的异构型数据库系统有:

- * MULTIBASE 美国 CCA 公司 1981 年研制
- * IMDAS:H 美国佛罗里达大学 1984 年开发
- * DDTS 美国 HONEYWELL 公司 1980 年研制
-

另外,还有一些准分布式数据库系统,这类系统具有某些分布式系统的特征,但又未能实现或达到分布式数据库综合指标的系统,它们基本上是分布式数据库的雏形(有的现在已经发展成为分布式数据库系统),主要有:

- * TANDEM 公司的 ENCOMPASS 系统
- * IBM 公司的 CICS/ISC 系统
- * ORACLE 的 SQL * STAR
- * 分布式 INGRE 产品为 INGRES/STAR (伯克利)
- * APPLIED DATA RESEACH(ADR)的 D-NET
- * CULLINAAE CORP. 的 IDMS DDS
- * INTERNATIONAL COMPUTER LIMITED(ICL)的 IDMS-DDB50
- * SIEMENS AG 的 VDS-D
- * SOFTWARE AG 的 NET-WORK
-

1.3.2 按分布式数据库控制系统的类型分类

按分布式数据库控制系统的类型来进行分类,可以分为如下三类:

(1)集中型 DDBS:如果 DDBS 中的全局控制信息位于一个中心站点时,称为集中型 DDBS。这种控制方式有助于保持一致性,但容易产生瓶颈问题,且一旦中心站点失效,整个系统就将崩溃。

(2)分散型 DDBS:如果在每一个站点上包含全局控制信息的一个副本,称为分散型 DDBS。这种系统可用性好,但保持信息的一致性较困难,需要有复杂的设施。

(3)可变型 DDBS:在这种类型的 DDBS 中,将 DDBS 系统中的站点分成两组,一组站点包含全局控制信息副本,称为主站点;另一组站点不包含全局控制信息副本,称为辅站点。若主站点数目等于 1 时为集中型;若全部站点都是主站点时为分散型。

1.4 分布式数据库系统的体系结构和组成成分

1.4.1 分布式数据库系统的体系结构

一个系统的体系结构也称总体结构。它给出该系统的总体构架,定义整个系统的各组成部分及它们的功能,定义系统各组成部分之间的相互关系。在集中式数据库系统中,除了计算机系统本身的硬件和软件(包括操作系统、语言及语言编译程序、其他实用程序)外,主要组成成分有:数据库(DB)、数据库管理系统(DBMS)和用户(包括一般用户及数据库管理员(DBA))。分布式数据库系统在此基础上作了扩充:数据库分为局部DB和全局DB;数据库管理系统分为局部DBMS和全局DBMS;用户也有局部用户和全局用户(数据库管理员也有局部DBA和全局DBA)之分。图1-2是分布式数据库系统体系结构的示意图。

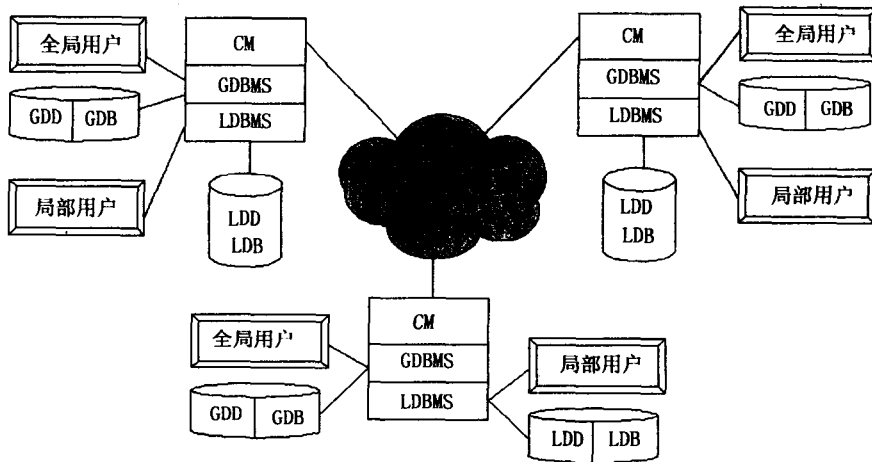


图 1-2 分布式数据库系统的体系结构

1.4.2 分布式数据库管理系统的组成成分及其功能

分布式数据库管理系统(DDBMS)是分布式数据库系统的核心,负责实现分布式数据库的建立、查询、更新、复制、维护等功能。包括提供分布透明性,查询优化、协调全局事务的执行,协调各局部DBMS共同完成全局应用,保证数据库的全局一致性,执行并发控制,实现更新同步和全局恢复等。

显然,分布式数据库管理系统很复杂,特别是异构型DDBMS,至少包含了两个不同的DBMS,就需要进行不同数据模型之间的转换,因而比同构型DDBMS更加复杂。由于分布式数据库管理系统的复杂性,在实现上存在较大的困难。各厂家和研究单位开发的DDBMS原型的功能目标存在较大差异。根据分布式数据库系统的特点,保证分布式数据库的共享性、可用性、安全性、完整性、分布透明性等方面功能的实现,一个分布式数据库管理系统一般应包括如下的四个基本功能模块:

(1)查询处理模块:由于在分布式数据库系统中,数据分布于整个网络的各个站点中,

数据在网络上传输要花费很大的代价。如何减少查询处理的代价,是查询处理模块的任务。因此,需要尽可能地采用最佳优化算法,以减少传输费用,提高传输效率。为此,必须在执行查询之前先进行分析,弄清该查询需要哪些数据,这些数据都存储在哪里,若有多个副本,选用哪个或哪些副本能使查询代价最小。由此可见,查询处理模块至少由两部分组成:查询分析和优化处理。

(2)完整性处理模块:该模块主要负责维护数据库的完整性和一致性,检查完整性规则,处理多副本数据的同步更新等。另外,由于在分布式数据库系统中,数据可能会有多个副本分布于网络的不同站点中,所以当查询处理模块分析出查询所需要的数据后,完整性处理模块与查询处理模块一起,进一步确定将哪个版本(正本或某个副本)的数据提供给该查询使用,并指出该数据版本的存放站点,即产生查询处理的策略。

(3)调度处理模块:一旦确定了查询处理的策略,就要进行一些局部处理和数据传输,这时,调度处理模块就负责向有关的站点发布命令,使相应站点的 DBMS 执行这些局部处理。与此同时,调度处理模块还需要与各站点的通信管理软件相互配合,以便在相应站点之间进行必要的数据传输。最后,完成查询并把结果传送回发出该查询的站点。

(4)可靠性处理模块:分布式数据库系统的主要优点之一是系统的可靠性较高,由于数据具有多个副本,当系统局部出现故障时,所需要的数据可从其他站点获得。但是,分布式数据库系统基于计算机网络,自然就会增加产生故障的因素。可靠性处理模块负责不断地监视系统的各个部分是否有故障出现。当故障修复后,可靠性处理模块负责将该部分重新并入系统,使之继续有效地运行,并保持数据库的一致状态。

分布式数据库管理系统各个处理模块之间的关系如图 1-3 所示。

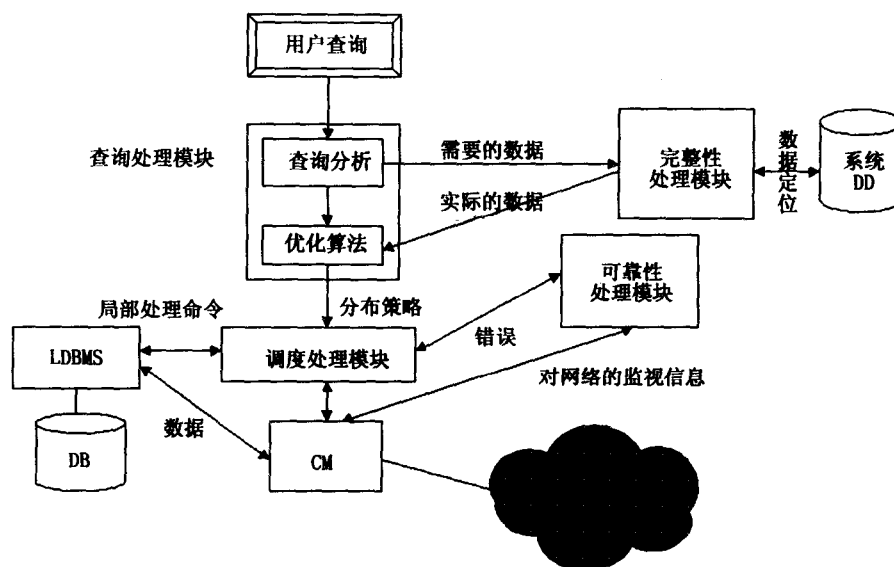


图 1-3 分布式数据库管理系统的一般功能结构

1.4.3 分布式数据库管理系统的一种参考模型

为了更好地理解和研究 DDBMS,这里将给出分布式数据库管理系统的一种参考模

型。虽然它与实际的分布式数据库管理系统存在差别,其中采用的某些术语也有所不同,但对于了解 DDBMS 的概念和学习本课程有较大的帮助。

图 1-4 至图 1-7 给出了一个分布式数据库管理系统的参考模型。主要的成分是处理器和模式。处理器是一个可执行的软件,它负责执行一个或多个任务;模式是描述数据库的某个方面,用来指挥处理器的行动。每个处理器有若干个子处理器,各个子处理器执行该处理器的子任务。同一个层次上的处理器可以调用下一层次上的处理器代表自己去执行子任务或提供服务,而不需要知道该服务是怎样完成的。

在这种参考模型中,允许把 DDBMS 看作是一系列的处理器,每个处理器直接与其上或其下的处理器相接口,每个处理器在由低层处理器提供的服务基础上进行增值。处理器之间的接口,给出了一个处理器如何调用另一个处理器并与之进行通信的定义,同时还描述了一个处理器能够代表高层处理器所能执行的功能。应该指出,在实现一系统时,可以把参考模型中的几个处理器合并成为单个处理器,或者反过来。有时实际系统中两个处理器之间的边界并不对应于参考模型中处理器之间的边界。但是,从概念上来说,实际系统应该支持参考模型中每个处理器所提供的功能。

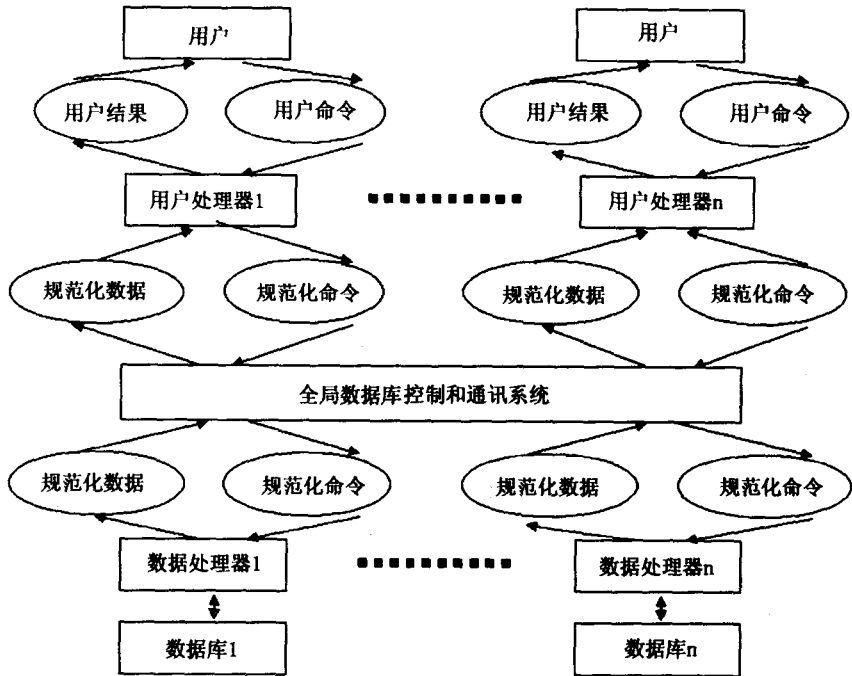


图 1-4 分布式数据库管理系统的参考模型

每个站点有一个用户处理器和数据处理器,用户可以在那里提出对 DDBMS 的请求。整个系统有一个全局数据库控制和通信子系统来支持通信和控制分布式的执行。这个全局数据库控制和通信子系统有一些部分放在每个站点上。

1. 用户处理器

用户处理器的功能包括两个方面:一是它把数据操纵语言中的用户命令,翻译成为规范化命令,规范化命令的格式更适合于机器处理;二是它把来自数据处理器的数据,翻译成用户理解的格式。用户处理器产生的规范化命令可以存储起来供数据处理器以后执

行,也可以在递交用户请求时“唤醒”(Invoke)用户处理器并执行之。

用户处理器可以分成若干个子处理器,如图 1-5 所示。这些子处理器支持集中式和分布式 DBMS 共同的两个要求,即数据模型独立性和语义完整性约束。

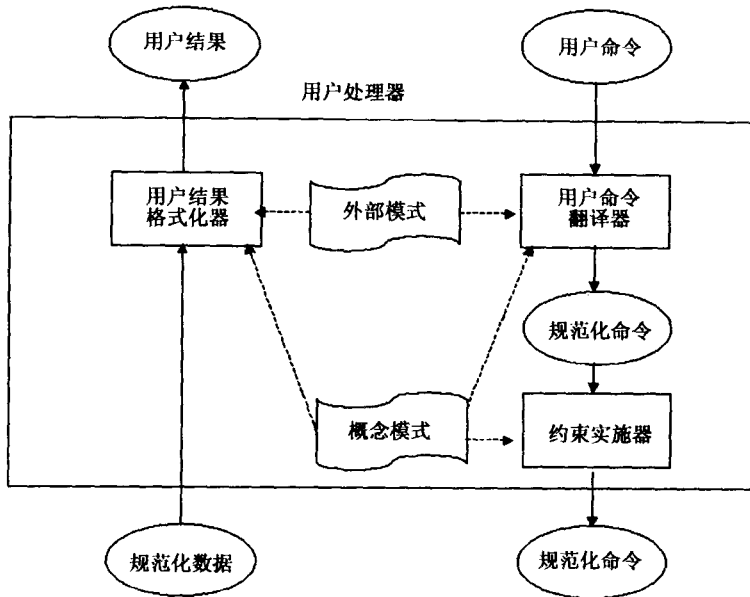


图 1-5 用户处理器的组成

(1)数据模型独立性:用户命令翻译器和用户结果格式化器支持数据模型的独立性。各站点的 DBMS 都有一个用户命令翻译器,它接受用该站点 DBMS 的数据模型的数据操纵语言表示的用户命令,然后把这些命令转换成统一的规范化格式,所有的用户命令翻译器输出的命令都是这种格式。用户结果格式化器接受规范化的格式数据,然后转换成该站点 DBMS 的数据模型的数据描述语言所要求的格式,从而实现各站点的数据模型独立性。有些 DBMS 中没有用户结果格式化器,它们的用户命令翻译器所产生的规范化命令中,包含了把规范化数据翻译成用户所需格式的指令。

(2)语义完整性约束:语义完整性约束描述了数据的有效值。实施这种约束的一个方法是每个更新处理程序要验证进入数据库的每个数据是否满足这些约束。另一个方法是依靠约束实施器 (Constraint Enforcer) 来检验用数据描述语言所说明的这些约束。许多集中式 DBMS 的数据处理器中没有约束实施器,它们是由用户处理器来实施语义完整性约束的。

2. 数据处理器

数据处理器负责存取数据库的数据,它主要包括规范化命令翻译器、规范化结果格式器和运行时支持处理器,如图 1-6 所示。数据处理器支持集中式和分布式 DBMS 共同要求,即程序与数据的独立性、并发独立性和事务的原子性。

(1)程序与数据的独立性:规范化命令翻译器和规范化结果格式器支持程序与数据的独立性,前者把规范化命令翻译成要由“运行时支持处理器”执行的物理命令,它还负责选择通向物理数据的一个最优或近乎最优的访问路径。如果改变了物理数据结构,就只要唤醒规范化命令翻译器来重选一条新的路径,不必修改应用程序。而且,在不修改已有的

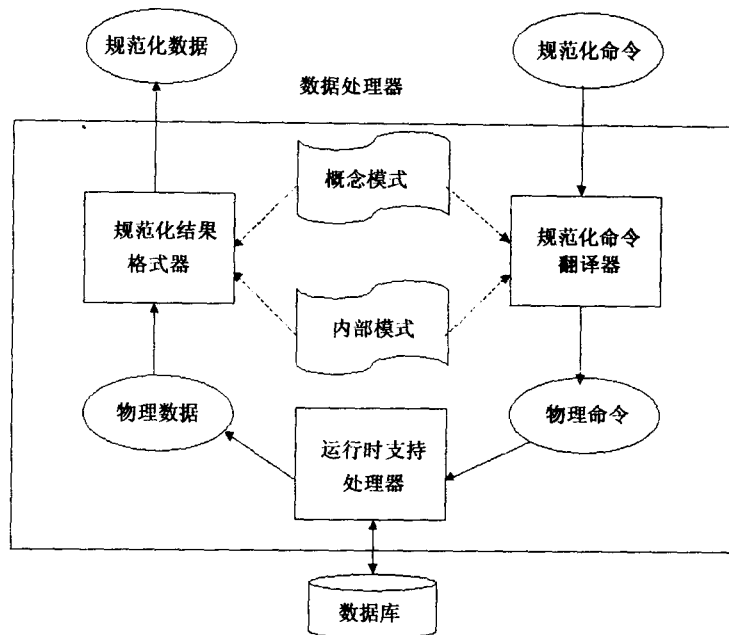


图 1-6 数据处理器的组成

应用程序前提下,可以通过调整物理数据结构和访问路径,来提高整个 DBMS 的执行效率。另外,规范化结果格式器把物理数据转换成每个用户结果格式化器所要求的规范化数据。从而使数据处理器能够支持程序与数据的物理结构独立性。有些 DBMS 没有规范化结果格式器,在这些系统中规范化命令翻译器产生的物理命令包含了把物理数据转换成规范化数据的指令。

(2)并发独立性:运行时支持处理器从规范化命令翻译器处接受物理命令,对数据库进行必要的访问,然后把物理数据送回给规范化结果格式器。许多 DBMS 可同时支持多个用户,这时,运行时支持处理器负责接受几个请求,调度它们的处理,并送回其结果。运行时支持处理器必须解决并发更新等问题,它所提供的并发独立性,使得每个用户都以为自己正单独地使用该数据库,并且与其他并发用户的动作相隔离。

(3)事务的原子性:运行时支持处理器还保证一个事务对数据库所作的改变是完整的。如果由于某种原因--事务被中止时,该处理器能保证该事务对数据库所作的修改全部作废。

3. 模式层次

数据库的三级模式是数据描述的三个层次:一个或几个外部模式(图 1-5),每个外部模式包含了数据库的一部分的描述,供用户使用。概念模式(图 1-5 和图 1-6),包含了整个数据库的逻辑描述,供数据库管理员和用户使用。内部模式,也称模式(图 1-6),包含了物理数据结构的描述,表示物理数据的存放位置和格式。数据库管理员使用内部模式来调整数据库以提高其执行效率。

这三个模式以及它们之间的映射,指导着各个处理器执行各自的任務。外部模式、概念模式以及它们之间的映射,指导用户命令翻译器来把用户命令转换成规范化命令,指导用户结果格式器把规范化数据翻译成用户数据模型要求的格式。概念模式中的语义完整

性约束,指导约束实施器执行约束检查。概念模式、内部模式以及它们之间的映射,指导规范化命令翻译器选择最佳访问路径和把规范化命令转换成相应的物理命令,这些模式还指导规范化结果格式器把物理数据翻译成规范化数据。

这三种模式常被存放在一个专用的数据库中,称为数据字典。数据字典除包含数据描述外,还可以包含其他信息。例如基数信息(多少数据),频率信息(单位时间内访问它的次数),访问模式(谁能访问这些数据),以及控制和管理所需的其他信息。

4. 全局数据库控制和通信子系统

全局数据库控制和通信子系统负责通信和控制分布式的执行。它由多个处理器组成,如图 1-7 所示。

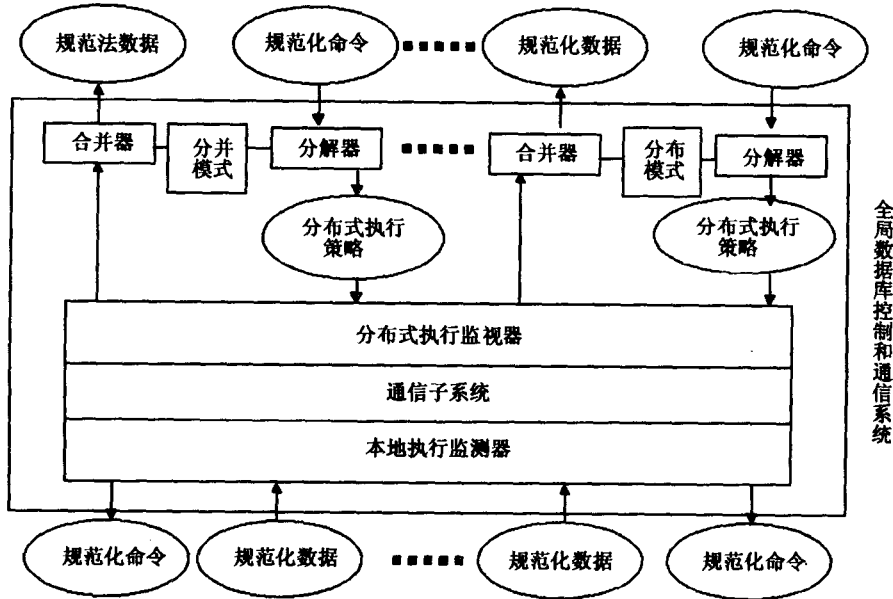


图 1-7 全局数据库控制和通信子系统的组成

(1)分解器 (Decomposer):分解器由一个或几个数据处理器组成,它的主要任务是来自用户处理器的请求,翻译成由若干命令组成的分布式执行策略。在分布式数据库系统中,单个命令中需要的数据可能驻留在几个不同的站点上,所以在执行一个命令之前,需要把这个命令先分解成几个子命令。然后确定子命令的执行顺序、确定执行每个子命令的数据处理器。如果数据有多个副本的话,则还必须选择要访问的是哪个或哪些副本。检索时只要选择一个副本,而更新时则全部副本都要选择,这就叫做分布式执行策略。

(2)合并器 (Merger):它的任务是在提交给用户处理器之前,把分布式执行策略访问不同站点所得到的结果数据组合起来。

(3)分布式执行监视器 (Distributed Execution Monitor):它负责分布式执行策略的正确执行以及保证分布式环境中事务的原子性。如果分布式执行策略中的任一部分被中止的话,那么分布式执行监视器就中止这个策略的所有部分,所以能使数据库没有任何变化。分布式执行监视器还负责提供复制独立性和分布式并发控制。为此分布式执行监视器需要数据分布和复制的一个全局视图来完成其任务。