

微机管理信息系统大全之五

分布式数据库系统 原理与设计

MMIS



MMIS

陕西电子编辑部

微机管理信息系统大全

(第五册)

杜振华 冯连成 马子明 等编著
魏景芝 田晓庄 蔡岱生

陕西电子编辑部

内 容 提 要

随着分布式计算机系统的迅速发展,数据库技术开始从传统的集中式转向分布式,分布式数据库已经形成了计算机科学和工程领域中一门新的学科。本书详细地讨论了分布式数据库这门学科中的分布式透明性层次,数据分段和分布,查询优化,并发控制和恢复,可靠性,分布式目录管理等关键性课题。

本书以教材格式编排,适合计算机科学和工程领域中的教师、研究生、高年级学生、科研工作者、系统管理人员、系统分析和程序设计人员阅读。

前 言

分布式数据库系统的研究在国外已进行了十多年，先后出现了R*、SDD-1等许多有代表性的原型系统。今天，分布式数据库已经开始进入了一个新的初级产品化阶段，成为计算机科学和工程领域中一门引人注目的学科。分布式数据库系统是计算机网络与数据库技术相结合而形成的一种新型的信息处理技术，与现实世界中事务普遍存在一定程度分布性的特性是完全符合的；因此，现实的应用要求仍会使分布式系统的发展继续保持旺盛的生命力。

分布式数据库是一个逻辑上统一、地域上分布的数据的集合，或者说是计算机网络环境中各个节点上局部数据库的逻辑集合，同时受分布式数据库管理系统的控制和管理。建立和实现分布式数据库面临着许多完全崭新的问题：如数据分布、查询优化、并发控制和恢复、可靠性、分布式目录管理等；因其能解决检索透明性，更新透明性，模式透明性，性能透明性，事务透明性、复制透明性、工具透明性等一系列技术难题，所以在用户眼中，分布式数据库和集中式数据库并没有不同之处。

八十年代初，国内就有许多院校和科研单位对分布式数据库开始进行研究，从理论到实践进行了一系列探索，积累了一定的经验，取得了课题研究的许多成果。随着计算机网络和管理信息系统的深入发展，研究和实现分布式数据库系统的单位和部门将越来越多，但是国内目前尚无一本详细介绍分布式数据库原理与系统的著作，因而我们组织编写了本书，以满足国内读者的急需。

本书列为《微机管理信息系统大全》第五册，共四篇十九章，以教材格式编排。第十四篇介绍一些预备知识，综述了分布式数据库的特点和问题，简要说明了计算机网络的基本概念。第十五篇是本书的核心篇，既讨论了分布式数据库的基本原理，也讨论了实现分布式数据库所要解决的基本技术问题。第一章从应用程序员的角度讨论了分布式数据库的体系结构，定义和举例说明了分布式数据库管理系统所提供的不同的分布式透明性层次和完整性约束。第二章讨论分布式数据库设计，重点介绍了数据分段和在网络不同节点上分布数据的问题，并用一定篇幅讨论了分布式数据库的安全性设计问题。本章对分布式数据库的设计者是非常有用的。第三章和第四章讨论如何有效地访问分布式数据库，即等价变换和查询优化问题。

第五章、第六章和第七章讨论事务的管理，即在分布式环境中如何有效地、可靠地、并行地执行事务的问题。详细介绍了分布式并发控制技术和分布式死锁检测算法。第八章讨论分布式数据库的可靠性，主要介绍如何提高提交协议和并发控制机构的可靠性问题。第九章讨论分布式数据库的管理，主要介绍分布式数据库的目录管理和安全性问题。

第十六篇讨论分布式数据库管理系统，重点介绍了R*、SDD-1等同构型分布式数

据库原型系统，也用一定篇幅讨论了异构型分布式数据库中的主要问题。

第十七篇探讨了局域网环境下分布式数据库系统的应用。

本书在理论上有一定深度，但又介绍了一些有价值的实现技术，既适合于计算机科学和工程领域中的教师、研究生和高年级学生阅读，也适合于科研工作者、系统管理人员，系统或应用设计人员、系统分析和程序设计人员阅读。既可将本书用作有关数据库系统传统教程的扩充教程，又可将本书用作专门的分布式数据库系统教程。

在本书编写过程中，我们始终得到西北电讯工程学院李友堂副教授、陕西电子编辑部主编、张忠智高级工程师的热情鼓励指导和帮助；陈家正教授、王以和教授在百忙中审阅了本书，郝克刚教授、肖育东副教授、周旋芳副教授、朱献有高级工程师、李友仁高级工程师、钱正扬高级工程师、张海南高级工程师也给予了大力支持和帮助；陕西电子编辑部的马军、韩毅等同志在本书的编辑出版中付出了辛勤的劳动；作者在此一并表示深切的谢意。

由于时间仓促，加之作者涉足分布式系统领域时间不长，故本书错误之处在所难免，恳望读者批评指正。

杜振华 冯连成等
一九八七年一月于宝鸡

目 录

第十四篇 分布式数据库原理序篇

第一章 分布式数据库综述

第一节	分布式数据库的产生与发展	(5)
第二节	分布式数据库的分类	(6)
第三节	关于分布式数据库定义的讨论	(9)
第四节	分布式数据库与集中式数据库的比较	(13)
第五节	开发分布式数据库的必要性	(18)
第六节	分布式数据库管理系统 (DDBMS)	(19)
第七节	结论	(22)

第二章 数据库与计算机网络概述

第一节	引言	(23)
第二节	数据库概述	(23)
第三节	计算机网络概述	(30)

第十五篇 分布式数据库原理与设计

第一章 分布式透明性的层次和完整性约束

第一节	分布式数据库的参考体系结构	(41)
第二节	数据段存贮的类型	(44)
第三节	为只读应用提供的分布式透明性	(48)
第四节	更新应用的分布式透明性	(55)
第五节	分布式数据库的访问元语	(58)
第六节	分布式数据库中的完整性约束	(62)

第二章 分布式数据库的设计

第一节	分布式数据库设计概述	(69)
第二节	数据库段存贮的设计	(74)
第三节	段的分配	(83)

第四节	安全性设计	(86)
第五节	结论	(98)

第三章 从全局查询到段查询的变换

第一节	用于查询的等价变换	(102)
第二节	把全局查询变换成段查询	(108)
第三节	对分布式组合与聚集函数的评价	(118)
第四节	参数型查询	(121)
第五节	结论	(124)

第四章 访问策略的优化

第一节	查询优化概述	(126)
第二节	连接查询	(137)
第三节	一般查询	(154)
第四节	处理分布式星型查询的一种优化算法	(158)
第五节	结论	(174)

第五章 分布式事务处理的管理

第一节	事务处理的组织	(178)
第二节	支持分布式事务处理的原子性	(184)
第三节	分布式事务处理的并发控制	(197)
第四节	分布式事务处理的体系结构	(201)
第五节	结论	(206)

第六章 并发控制——基础、锁定、时标并发控制与乐观方法

第一节	分布式并发控制基础	(208)
第二节	分布式死锁	(216)
第三节	基于时标的并发控制	(225)
第四节	分布式并发控制所采用的乐观方法	(230)
第五节	结论	(234)

第七章 并发控制——死锁检测协议、算法、转换与分析

第一节	以分布式数据库系统的查询图为基础的死锁检测协议	(237)
第二节	以事务处理的优先权为基础分布式死锁检测算法	(242)
第三节	非二阶段锁定协议和锁定转换	(262)
第四节	当用户和系统操作不同时对并发控制算法的分析	(272)
第五节	结论	(282)

第八章 可靠的分布式数据库的设计

第一节	基本概念	(283)
第二节	非中断提交协议	(287)
第三节	可靠性和并发控制	(296)
第四节	确定通信网络的一致性视图	(301)
第五节	不一致性的检测和消除	(303)
第六节	检查点和冷重新启动	(305)
第七节	可靠的全复制的分布式数据库的设计	(307)
第八节	结论	(312)

第九章 分布式数据库管理

第一节	目录管理	(315)
第二节	授权和保护	(319)
第三节	节点初始化、恢复与后援	(321)
第四节	结论	(327)

第十六篇 分布式数据库系统

第一章 商品化系统

第一节	Tan dem 公司的 ENCOMPASS 分布式数据库系统	(337)
第二节	IBM 的系统间通信ISC	(343)
第三节	结论	(348)

第二章 SDD—1: 一种用于分布式数据库的系统

第一节	系统结构	(350)
第二节	并发控制 (读阶段)	(352)
第三节	查询的执行 (执行阶段)	(354)
第四节	可靠性和事务处理的提交 (写阶段)	(354)
第五节	结论	(359)

第三章 R* 系统

第一节	R* 系统的主要目标	(360)
第二节	R* 系统的体系结构	(362)
第三节	查询的编译、执行和重新编译	(364)
第四节	视图管理	(368)

第五节	R* 中数据定义的执行与授权协议	(370)
第六节	事务管理	(374)
第七节	终端管理	(376)
第八节	结论	(377)

第四章 其它同构型分布式数据库系统

第一节	DDM: 基于ADAPLEX语言的分布式数据库管理系统	(378)
第二节	分布式的INGRES	(383)
第三节	POREL系统	(385)
第四节	SIRIUS—DELTA	(388)
第五节	结论	(390)

第五章 异构型分布式数据库系统

第一节	异构型分布式数据库的几个问题	(394)
第二节	MULTIBASE	(397)
第三节	分布式测试台系统DDTS	(406)
第四节	异构型SIRIUS—DELTA	(411)
第五节	结论	(412)

第十七篇 局域网环境下的分布式数据库系统

第一章 局域网分布数据库技术

第一节	计算机与信息社会	(418)
第二节	办公室自动化与局部区域网络	(418)
第三节	方兴未艾的微机局域网	(419)
第四节	数据库技术与网络技术的结合	(420)
第五节	分布式数据库的基本特征	(420)
第六节	DDB—LAN 分布查询处理的特点	(421)
第七节	设计与实现中的问题	(421)
第八节	开发现状与研究方向	(424)

第二章 一个局域网分布式数据库系统的实例

第一节	背景与意义	(425)
第二节	方案选择的基础	(426)
第三节	运行环境的选择	(426)
第四节	实时通信机制的开发方案	(427)

第五节	数据分布策略	(427)
第六节	数据字典的管理策略	(429)
第七节	并发控制策略	(431)
第八节	避免与处理死锁的策略	(433)
第九节	后备与恢复处理策略	(435)
第十节	查询处理及查询优化策略	(436)

第三章 系统各主要模块的功能与控制算法

第一节	系统主控模块	(438)
第二节	系统管理模块	(440)
第三节	库操作模块	(442)
第四节	数据字典操作模块	(443)
第五节	查询操作模块	(447)
第六节	控制权交给系统模块	(456)
第七节	学习与提示模块	(457)
第八节	小结	(458)

第 十 四 篇

分布式数据库原理序篇

冯连成 马子明 编著

2011年

中国农村扶贫开发工作

的成就与经验

前 言

本篇是第十五篇和第十六篇的准备篇，共两章。第一章综述了分布式数据库开发的必然性，分布式数据库的分类及关于分布式数据库定义的讨论。通过与传统数据库的比较，提出了分布透明性、位置透明性、节点自主性和原子事务处理新概念。第二章概述了数据库与计算机网络。定义了本书所需要的的原理和符号，着重介绍了关系模型和关系代数的有关概念和知识，强调了半连续运算在分布式数据库中的重要性，评价了ISO/OSI参考系统结构，论述了分布式数据库赖以发展的理论基础。这些准备知识，对于顺利阅读第十五篇和第十六篇的内容必有裨益。

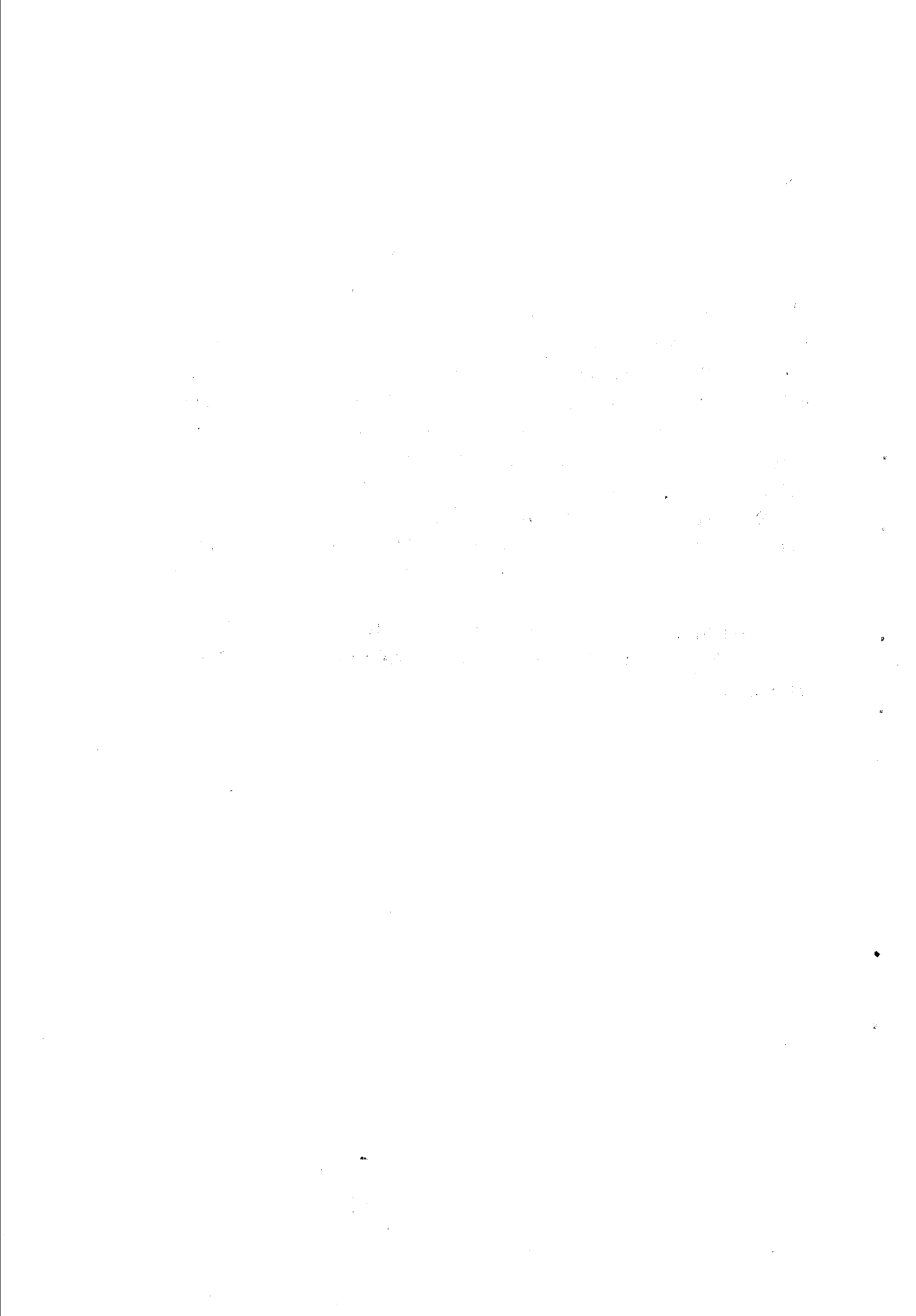
分布式数据库对经济、组织和技术的的影响无疑是巨大的。可以肯定，今后几年，分布式数据库的开发与应用会有大的发展，许多技术问题的要求，会推出全新的结果。

参加本篇编写的有冯连成（第一章），马子明（第二章）。冯连成同志主持编写并审阅了全篇。

本篇在编写过程中，承蒙李友堂副教授的支持和指导，在此深表感谢。

由于编者水平有限，手头资料不足，错误和偏见实属难免，热忱希望读者和同行专家批评指正。

编者 1986.12.30



第一章 分布式数据库综述

以计算机为代表的现代科学和技术，以其丰富的精神成果和物质成果广泛地渗透到人类社会生活的各个角落，特别是微电子学的飞速发展，进一步向人们展示了社会生产力发展的宏伟前景，成为“历史的有力的杠杆”。计算机技术的发展及其广泛的应用，将把以信息处理为主要内容的现代社会的工作效率提高到令人神往的境地。数据库技术，是计算技术领域内十分重要的组成部分。在计算机发展的每一个阶段，都伴随着数据库技术的新的突破。近年来，伴随着计算机局部网络的发展，分布式数据库已经成为信息处理技术领域中的重要组成部分，可以预料，其重要性还会越来越突出的显露出来。本章，将从分布式数据库的产生与发展，分布式数据库的分类，分布式数据库定义的讨论，开发分布式数据的必要性，分布式数据库与传统数据库特性的比较，分布式数据库系统等方面，对分布式数据库作简要的综述。

第一节 分布式数据库的产生与发展

研究分布式数据库的产生，必然会联想到数据库技术短暂而又生气勃勃的发展历史。

比较成熟的数据库系统，出现于六十年代末和七十年代。例如，以IMS为代表的层次型数据库系统于1968年问世。七十年代初，美国数据系统语言协议会数据库任务组提出了有名的网络数据库模型DBTG。著名的数据库专家、IBM公司的高级研究员、关系数据库创始人E·F·Codd于七十年代中期推出了震惊世界的关系数据库。历史的这个发展并非偶然，而是计算机技术发展到一定阶段的必然产物。七十年代初，计算机技术进入了以电路集成化为标志的第四代，微型计算机醒目地登上了计算机的历史舞台，以它造价低、体积小、功能强、使用方便灵活的优势占据了市场，获得了广泛的应用，使得计算机应用领域迅速冲破了传统的数值计算范围，而广泛渗透到国民经济、日常生活、行政管理等各部门。这时，计算机面临的主要应用是大量的数据处理。随着处理数据量的急剧增加，管理规模的扩大，数据的共享要求日益强烈，于是，在人们积累了丰富的信息管理经验的基础上，数据库技术便脱颖而出。大容量、高速度磁盘存贮器的出现，为数据库提供了强有力的活动舞台。

七十年代，计算机科学技术的发展与飞速发展的现代通信技术相结合，导致了计算机网络的出现。这个时期，世界上先后建成了许多规模巨大的、全国性的广域计算机网络，对经济、国防、情报、科学技术和社会生活产生了深刻的影响。随着微型计算机的广泛应用，又自然地提出了这样的新问题：为了加强和扩大微型计算机处理数据的功能，要求把许多分布在不同地点上的微型计算机互连起来，共同工作。这样，局部计算机网络

便应运而生，这也可以说是计算机技术发展的必然趋势。人们从实践中认识到，局部计算机网络是具有特色的新的计算技术，它在办公室自动化等现代化管理方面开辟了崭新的应用领域。

计算机网络的出现，提出了这样一个问题：分散在网络不同节点上的数据能否构成统一的数据库？在大型企业的管理中，各分厂有自己的管理系统；在一个地区的病理分析中，各分医院有自己的病理分析记录；在银行系统，各支行和办事处有自己的存款记录；在订票系统，每个售票处有自己的订票记录；在科技情报系统，每个资料部门有自己的文献资料目录，等等。总之，每个节点都有自己相对独立的数据库，那么，能否让这些数据库，在自主地处理自己事务的基础上联合起来共同工作，在更大范围内作为更高层数据库管理系统的工作站呢？这些问题的提出和研究，便是分布式数据库技术萌发的机会。虽然它发端于发达的工业化国家，但很快就扎根于整个世界的计算机科学界。

数据库分布式的管理，在技术上引起了一系列新问题，诸如，是由一个节点来统一管理各分数据库呢？还是各节点在必要时，都挺身而出代行管理的职能呢？这是集中与分散的问题。每个节点的数据只在本节点保留一份呢，还是存贮备份于其他各节点以防数据的破坏丢失呢？这是可靠性与节约之间的矛盾。当数据库操作涉及多个分数据库上的数据时，应该把这些数据搬运到哪个节点上去进行操作最佳呢？这是运筹帷幄的优化问题，等等。由此可见，分布式数据库技术较之于传统数据库要复杂得多，困难得多。

分布式数据库发展的必然性及其技术上的复杂性，激发了许多著名的计算机科学家，从事分布式数据库理论的研究工作和实际开发工作，并已经做出了重要贡献。短暂的几年，世界上已先后推出了多个在不同级别的实验室进行的试验样机。例如，美国计算机公司的SDD—1系统，IBM公司的R*系统，西德斯图加大学的POREL系统和法国JNRIA的SIRIUS—DELTA系统等，这是数据库发展史上一个开拓和深化的时代。尽管目前分布式数据库还处于探讨试验阶段，还没有几个作为商品化系统打入市场，但发展前景是光辉灿烂的，正如著名的数据处理和数据通信的权威J·Martin所预言的那样：“七十年代是集中式数据库时代，八十年代将是分布式数据库时代”。

举世瞩目的分布式数据库发展的新动态，被我国计算机科学界和计算机科学家所重视。国内许多单位相继开展了分布式数据库的研究与开发工作，并已取得了可喜的成绩。一九八六年三月在上海召开了“第一届全国分布式数据库学术研讨会”，并计划于一九八八年在武汉召开“第二届全国分布式数据库研讨会”。这说明，我国有一支强大的科技队伍正在从事这方面的研究开发工作。可以预料，随着我国经济的蓬勃发展，计算机网络特别是局部网络的普及，我国的分布式数据库的研究与开发工作会出现喜人的景象。

第二节 分布式数据库的分类

分布式数据库，是根据它的管理系统（DDBMS）进行分类的。对DDBMS可以从不同角度来分类：

（1）从构成的方式，可分为同构型和异构型两类。所谓同构型，是指所有节点的局部

DBMS 都支持同一数据模式和数据语言。一般来说，同构型DDBMS是自顶向下设计的，即是在DDBMS建立之前，没有独立的局部数据库管理系统（DBMS），系统设计者在综合、权衡用户要求和分布环境的基础上设计出一个完整的统一的数据库系统，然后把系统的功能遵循最优策略配置于分布环境的各个节点上。为使每个节点都能掌握彼此的数据情况，需要增加网络数据库管理系统（NDBMS），如图14.1.1所示。。各节点之间通过通信网络形成统一的整体。同构型的DDBMS对于并发控制、冗余数据的一致性等问题容易处理，但建库的代价比较高。同构型分布数据库系统的例子有美国IBM公司的R* 系统，CCA公司的SDD—1系统和西德斯图加特的POREL系统等。

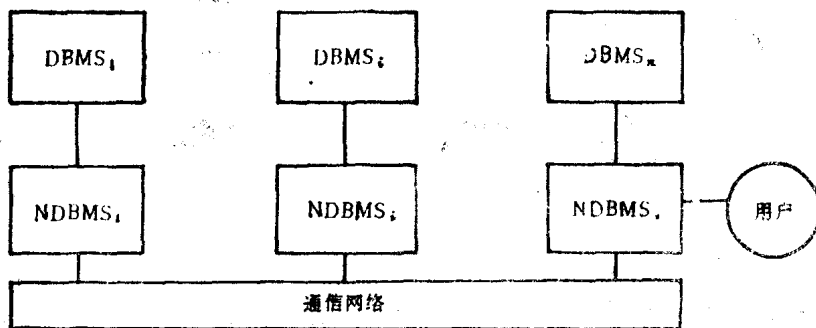


图14.1.1 同构型DDBMS

所谓异构型系统，是指在分布环境中各节点上的数据模型和数据语言都可能不同。一般的，异构型系统是自底向上设计的，即把已有的不同类型的数据库联合在一起，在不同节点上的数据模型和数据语言是不同的。这样，异构比同构型系统实现起来要困难一些，为了在两个节点上的局部DBMS之间进行信息交换，就要对数据模式和数据语言进行转换和映射工作。为此，图14.1.1所示的NDBMS的功能就需要扩充、增加数据和语言的翻译功能，如图14.1.2所示。

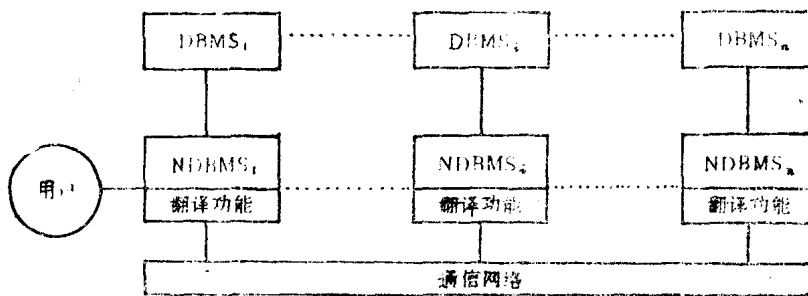


图14.1.2 异构型DDBMS

异构型分布式数据库系统的例子有CCA公司的MULTIBASE，法国的INRLA的SI-RIUS—DELTA和意大利的CRAI的NDMS等。

(2) 按控制方式，可以分为集中式与分布式。所谓集中控制的DDBMS是指所有事务