



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材

数据库专题训练

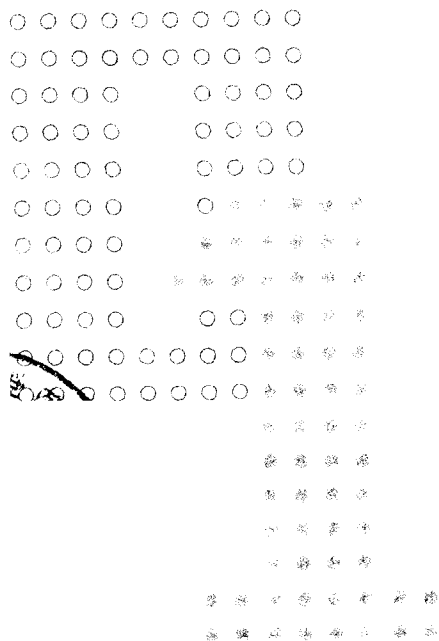
冯建华 周立柱 钱乾 曲直 编著

清华大学出版社



冯建华 周立柱 钱乾 曲直 编著

数据库专题训练



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要讲述 SQL Server 2000 的存储技术,全书共由 7 章组成。第 1 章主要介绍本书的内容、目标和适用对象;第 2 章主要介绍 SQL Server 2000 的体系结构;第 3 章主要是关于数据库与数据库文件的讨论,介绍它们的设置与用途;第 4 章是关于表的物理设计,主要介绍 SQL Server 2000 的页面结构和记录结构;第 5 章是各种索引技术与结构的介绍,讨论有索引约束的数据的插入、删除和更新操作;第 6 章主要介绍纯 XML 数据库管理系统这种新型数据库的存储引擎和计算引擎;第 7 章专门介绍一个我们自己设计实现的页式文件 I/O 系统及应用实例,每章末皆有参考文献。附录 A 列出了本书所附光盘中所所述的 4 项文件中的标题。

本书可作为高等院校计算机专业本科生的数据库课程的教材,也可以作为其他科技人员和高校教师的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

数据库专题训练/冯建华等编著. —北京:清华大学出版社,2007.7

(计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-15083-1

I. 数… II. 冯… III. 数据库系统—高等学校—习题 IV. TP311.13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 055299 号

责任编辑:马瑛珺 薛 阳

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14

字 数:342 千字

版 次:2007 年 7 月第 1 版

印 次:2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:20.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024250-01

经过近五十年的发展,数据库管理系统的核心技术已经相当成熟,这主要表现在商业数据库系统的日益完善及其强大的功能上。随着当前信息技术的发展,数据库系统及数据库的应用也越来越广泛,可以说是深入到社会的各个领域,而数据库技术本身也在不断地发展,例如纯 XML 数据库管理系统等。数据库管理系统已经成为各种信息技术的综合体,同时在数据库应用方面也不断出现新的面孔,而数据库管理系统本身的研究也在不断地扩展。因此,清华大学计算机科学与技术系目前的数据库课程设置已经与数据库技术的发展不相适应。为了使清华大学跻身于世界一流大学的行列,为了培养国际性的高科技人才,同时也为了提高清华大学计算机科学与技术系在国内外的地位,我们必须加强清华大学计算机科学与技术系数据库系列课程的建设。这一系列课程将覆盖与数据库相关的以下内容:

- 数据库的设计与应用;
- 数据库管理系统中的数据存储;
- 数据库管理系统的核心技术;
- 数据库管理系统的实现;
- 并行与分布式数据库管理系统;
- 数据库系统的扩展与前沿研究。

通过这一系列课程的学习,学生可以了解数据库管理系统的基本理论和内容,能够设计和实现大型的数据库应用系统,了解数据库管理系统的核心技术及其实现,了解有关数据库管理系统研究的最新进展等,从而认识到数据库管理系统在大型应用中的地位和作用,尤其是认识到我们国家在数据库管理系统方面与世界的差距,为学生将来参与有关数据库管理系统方面的研究奠定必要的知识基础。而《数据库专题训练》这门实践性的课程正好涵盖了数据库管理系统中的数据存储、核心技术与实现技术等专题内容。

长期以来,学生很少了解数据库管理系统的底层存储和核心技术,看到的数据库管理系统就像是一个黑匣子一样。因此,本教材的目标就是帮助学生打开这个黑匣子,让学生充分了解数据库的文件组织、文件结构、页结构以及记录组织和记录结构,让学生深入到数据库底层存储的每一页、每一条记录、每一个字节和每一位。通过本教材的学习,学生应能掌握数据库管理系统的基本原理和实现技术,尤其是数据库的底层存储技术,如文件结构、文件组织和 I/O 处理、缓存管理,达到能够独立分析和开发类似数据库管理系统这样的系统软件的水平,具有独立承担科研任务的能力。

本书是《数据库专题训练》这门课程的配套教材,全书共由 7 章组成。第 1 章是引言,介绍本教材的内容、目标和适用对象;第 2 章的内容是 SQL Server 2000 的体系结构,概括地

介绍 SQL Server 2000 软件系统的各个组成部分以及它们之间的交互,讨论数据库管理系统与 Windows 操作系统之间的关系;第 3 章主要是关于数据库与数据库文件的讨论,介绍它们的设置与用途;第 4 章是关于表的物理设计,详细介绍 SQL Server 2000 的数据库页面数据结构的设计以及记录的存放结构;第 5 章是各种索引数据结构的介绍,讨论它们的维护与使用,以及在索引约束之下的数据记录的各种操作;第 6 章是纯 XML 数据库管理系统的研究现状及发展方向,主要介绍这种新型数据库的存储引擎和计算引擎,重点是 XML 数据的存储策略、查询处理及当前已有的纯 XML 数据库管理系统的技术特点;第 7 章专门讨论一个我们自己设计实现的页式文件 I/O 系统,内容包括 I/O 系统的总体结构、系统常量和变量、数据结构与主要算法、系统对外的开放接口 API 及应用实例。

本书主要由冯建华副教授负责编写。钱乾和曲直同学设计并实现了一个页式文件 I/O 系统,给出了文件 I/O 系统的设计文档和使用手册。周立柱教授对全书进行了审阅。在编写过程中,作者主要参考了国内外有关数据库技术的书刊和文献资料,以及清华大学计算机科学与技术系的学生论文和科研技术报告。但由于数据库技术及其扩展研究正处在蓬勃发展的阶段,新的文献资料收集得还很不完整。限于作者学识水平,书中不足之处恳请读者给予批评指正。

本书的编写得到作者所在的数据库课题组其他成员的大力支持,同时在本书所附的光盘中包含了由学生自己设计、开发的部分小型数据库管理原型系统的源代码,供广大读者学习时参考使用,在此对所有人的工作与支持表示衷心的感谢。

编 者

2007 年 4 月于清华园

P r e f a c e

第1章 引言 /1

- 1.1 数据库管理系统的通用功能与系统组成 /1
- 1.2 《数据库专题训练》的由来 /3
- 1.3 选择 SQL Server 2000 的原因 /4
- 1.4 SQL Server 2000 的技术特色 /5
- 1.5 《数据库专题训练》的实验要求 /5
- 本章小结 /7
- 参考文献 /7

第2章 SQL Server 2000 的体系结构 /8

- 2.1 SQL Server 的客户/服务器方式 /8
 - 2.1.1 网络程序库 /9
 - 2.1.2 用户模式调度器 /10
 - 2.1.3 开放数据服务 /11
- 2.2 关系引擎与存储引擎 /11
 - 2.2.1 命令解析器 /11
 - 2.2.2 优化器 /12
 - 2.2.3 SQL 管理器 /12
 - 2.2.4 表达式管理器 /12
 - 2.2.5 查询执行器 /13
 - 2.2.6 关系引擎与存储引擎间的通信 /13
- 2.3 存取方法管理器 /13
 - 2.3.1 行操作管理器与索引管理器 /13
 - 2.3.2 页面管理器与文本管理器 /15
- 2.4 事务管理器 /16
- 2.5 锁管理器 /17
- 2.6 内存管理器 /17
 - 2.6.1 缓冲区管理与存储池 /17
 - 2.6.2 访问内存页 /18
 - 2.6.3 缓冲区的页面替换策略 /18
- 2.7 事务日志与故障恢复 /18

- 2.7.1 日志管理 /18
- 2.7.2 检查点操作 /18
- 2.7.3 恢复过程 /19
- 2.7.4 使用页面 LSN 的恢复技术 /20
- 2.8 SQL 内核与操作系统间的交互 /21
 - 2.8.1 线程处理与对称多进程处理 /21
 - 2.8.2 工作者线程池 /23
 - 2.8.3 磁盘 I/O 操作 /23
- 本章小结 /24
- 参考文献 /24

第3章 数据库与数据库文件 /25

- 3.1 SQL Server 系统数据库 /26
 - 3.1.1 master 数据库 /26
 - 3.1.2 model 数据库 /26
 - 3.1.3 tempdb 数据库 /26
 - 3.1.4 pubs 数据库 /27
 - 3.1.5 Northwind 数据库 /27
 - 3.1.6 msdb 数据库 /27
- 3.2 数据库文件 /28
 - 3.2.1 基本知识 /28
 - 3.2.2 SQL Server 数据库文件 /28
- 3.3 SQL Server 数据库文件组 /29
 - 3.3.1 默认的文件组 /30
 - 3.3.2 使用多个文件的原因 /30
 - 3.3.3 利用文件组创建数据库的实例 /31
- 3.4 SQL Server 数据库文件结构 /32
 - 3.4.1 基本知识 /32
 - 3.4.2 SQL Server 用户数据库 /33
 - 3.4.3 SQL Server 的空间分配 /34
- 3.5 数据库的备份与恢复 /37
 - 3.5.1 备份类型 /37

3.5.2 恢复模式 /38

本章小结 /39

参考文献 /40

第4章 表的物理存储 /41

4.1 内部存储概述 /42

4.2 数据页 /43

4.2.1 基本知识 /43

4.2.2 数据页的格式 /43

4.2.3 SQL Server 的数据页 /46

4.2.4 检查数据页 /47

4.3 数据行的结构 /51

4.3.1 基本知识 /51

4.3.2 SQL Server 的数据行结构 /52

4.3.3 列偏移数组 /54

4.4 SQL Server 中定长和变长行的存储 /54

4.4.1 定长行的存储 /55

4.4.2 变长列的存储 /57

4.5 SQL Server 的页链接 /58

4.6 文本和图像数据 /59

4.6.1 LOB 数据存储在表外 /59

4.6.2 LOB 数据存储在数据行 /60

4.7 SQL Server 的 PRIMARY KEY 和
UNIQUE 约束 /63

4.7.1 列值的可空性 /64

4.7.2 索引属性 /64

4.7.3 选择码 /64

4.8 SQL Server 的临时表 /65

4.8.1 私有临时表 /65

4.8.2 全局临时表 /65

4.8.3 直接使用 tempdb /66

4.8.4 临时表上的约束 /66

4.9 SQL Server 的系统表 /67

本章小结 /70

参考文献 /70

第5章 索引及行操作 /71

5.1 基本原理 /71

5.1.1 堆文件 /72

5.1.2 B树与B+树索引结构 /72

5.2 SQL Server 的索引组织 /75

5.2.1 簇集索引 /76

5.2.2 非簇集索引 /77

5.3 在 SQL Server 中创建索引 /77

5.3.1 主要参数说明 /78

5.3.2 其他选项说明 /78

5.3.3 约束与索引 /79

5.4 SQL Server 的索引页结构 /80

5.4.1 具有唯一标识符的簇集索引行 /80

5.4.2 索引行格式 /83

5.4.3 簇集索引的结点行 /84

5.4.4 非簇集索引的叶级行 /88

5.4.5 非簇集索引的结点行 /92

5.5 索引的空间需求 /96

5.5.1 B树的大小 /96

5.5.2 索引的实际大小与估计大小 /97

5.6 索引的管理 /98

5.6.1 索引碎片的类型 /98

5.6.2 索引碎片的检测 /99

5.6.3 删除索引碎片 /100

5.7 SQL Server 的特殊索引 /101

5.7.1 先决条件 /102

5.7.2 计算列上的索引 /103

5.7.3 索引视图 /104

5.8 索引的使用 /104

5.8.1 查找行 /104

5.8.2	连接运算	/105
5.8.3	排序	/105
5.8.4	分组聚集	/105
5.8.5	维护唯一性	/105
5.9	插入行	/106
5.10	分裂页	/106
5.10.1	分裂索引的根页	/106
5.10.2	分裂索引的中间页	/107
5.10.3	分裂数据页	/107
5.11	删除行	/110
5.11.1	从堆中删除行	/110
5.11.2	从B树中删除行	/113
5.11.3	从索引的中间结点删除行	/116
5.11.4	回收页	/116
5.12	更新行	/116
5.12.1	移动行	/116
5.12.2	管理转向指针	/118
5.12.3	在位更新	/118
5.12.4	异位更新	/119
5.13	表级与索引级的数据更新	/121
	本章小结	/121
	参考文献	/121

第6章 纯XML数据库管理系统研究 /122

6.1	基本知识	/122
6.1.1	Web与HTML	/122
6.1.2	什么是XML	/123
6.1.3	XML的优点	/123
6.1.4	基本概念	/124
6.2	XML数据库及其存储策略	/125
6.2.1	XML数据库与XML文档	/125
6.2.2	XML数据库的存储策略	/126
6.2.3	不同存储方法的性能比较与分析	/131

6.3	Native XML 数据库管理系统	/134
6.3.1	为什么要基于 XML	/134
6.3.2	为什么要 Native	/135
6.3.3	Native XML 数据库	/136
6.3.4	Native XML 数据库的特征	/136
6.3.5	NXDBMS 的体系结构	/138
6.4	NXD 的物理存储	/139
6.4.1	数据模式问题	/139
6.4.2	XML 数据库的索引	/148
6.5	NXD 的存储管理	/149
6.5.1	缓冲与文件管理	/149
6.5.2	XML 语义缓存	/149
6.6	NXD 的查询处理	/152
6.6.1	查询语言: XQuery	/152
6.6.2	数据更新: XUpdate	/156
6.6.3	XML 查询处理的研究现状	/157
6.7	XML 文档的编码方法	/164
6.7.1	区间编码	/165
6.7.2	位向量编码	/166
6.7.3	前缀编码——Dewey 编码	/166
6.7.4	PBiTree 编码	/166
6.8	Native XML 数据库的关键问题	/167
6.9	测试 NXDBMS 性能的常用数据集	/168
6.10	已有的 NXDBMS 简介	/168
6.10.1	OrientX	/168
6.10.2	Tamino	/169
6.10.3	eXist	/170
6.10.4	Timber	/173
6.10.5	Natix	/174
6.10.6	Lore	/174
6.10.7	嵌入式 XML 数据库	/175
6.11	解析器: XML 的简单 API	/177
	本章小结	/178

参考文献 /178

第7章 一个页式文件 I/O 系统 /184

7.1 引言 /184

7.2 系统常量、数据结构及主要算法 /185

7.2.1 系统常量 /185

7.2.2 主要数据结构 /185

7.2.3 主要算法 /186

7.3 系统结构 /187

7.3.1 总体结构 /187

7.3.2 文件结构 /187

7.3.3 缓冲区结构 /189

7.3.4 内存管理器 /191

7.3.5 存取方法管理器 /192

7.3.6 事务管理器 /193

7.4 系统接口描述 /194

7.4.1 外部接口描述 /194

7.4.2 内部接口描述 /197

7.5 系统接口的应用实例 /202

本章小结 /205

参考文献 /205

附录 A /206

第 1 章 引 言

本章内容简介

本章主要介绍数据库管理系统的主要功能和清华大学计算机科学与技术系《数据库专题训练》课程的由来,以及为什么选择 SQL Server 2000 来介绍数据库管理系统的内部结构。主要内容如下:

- 数据库管理系统的通用功能与系统组成;
- 《数据库专题训练》的由来;
- 选择 SQL Server 2000 的原因;
- SQL Server 2000 的技术特色;
- 《数据库专题训练》的实验要求。

数据库管理系统是现代信息管理中不可缺少的重要基础设施,它被广泛地用于各种行业、各种组织、各种部门的数据保存、业务处理、决策分析等日常工作中。在今天的信息化社会里,数据库已经成为一个单位或组织赖以生存和发展的命脉所在,数据库管理系统也发展成为继操作系统之后最复杂的系统软件。

数据库管理系统是计算机科学与技术学科的一个重要研究领域,它的应用实践与原理的学习是计算机科学与技术专业教学课程设置中的重要内容。这些课程大体可分为两个层次:一是以应用为主,配以基本原理教学的本科专业基础课;二是以原理为主,讨论数据库管理系统设计与实现的本科高级专业课或研究生专业课。本书的主要目的是为第二个层次的教学服务,为学习、研究数据库管理系统的软件设计与实现提供一本教材。与其他同类的教材相比,本书没有采用传统的系统、全面地介绍数据库管理系统的通用原理与技术的写法,而是紧密结合微软公司的数据库产品 SQL Server 2000,介绍它的设计思想、原理、算法、具体实现等细节。

1.1 数据库管理系统的通用功能与系统组成

数据库管理系统(Database Management System, DBMS)是一种软件工具,通过它的支持,用户可以系统、有序、高效地存储并管理用于日常业务与决策的数据,这些数据能够长期保存在被称为“数据库”的永久性存储器(例如磁盘)上,它们不受计算机系统软硬件故障的影响,可以方便地进行各种查询处理。数据库管理系统的通用功能可以概括如下:

- 支持数据库的创建与管理:这主要体现在系统提供的数据库定义语言(Data Definition Language, DDL)与管理命令上;以关系数据库管理系统为例,它的 DDL 包括生成数据库,生成关系表,建立索引等命令;在数据库管理方面则包括建立用户、用户组、用户授权、查看数据库状态等命令。

- 支持永久性存储：这种支持应当独立于使用数据库的应用，可供许多用户共享，数据量可以达到千兆(Giga Bytes)，千千兆(Tera Bytes)，甚至更高；不仅如此，系统还必须具有良好的数据结构，为访问这些数据提供高效的手段。
- 支持高级查询：高级查询使用户在查询数据库时十分方便，用户只需要说明查询的条件，而如何从数据库里找到符合条件的数据，则由数据库管理系统自动完成；关系数据库管理系统为用户提供 SQL 语言来实现这一要求，通过 SQL，普通用户可以交互地查询到想要的数据库，程序开发者则可以在 C、C++ 等高级语言里访问数据库，完成应用程序的开发。
- 支持事务管理：事务是数据库管理系统中具备原子性、一致性、隔离性以及持久性等特性的特殊处理进程，数据库管理系统必须保证事务的这些特性的实现，支持多个事务同时访问数据库时对资源的并发要求，支持在系统出现故障时的事务恢复，保证数据库的一致性。
- 支持新的高级应用：技术的进步与应用的深入，对数据库管理系统提出了许多新的需求，例如数据仓库与联机分析处理、XML 数据管理、时空数据管理、移动数据管理等，提供上述支持显然是数据库管理系统必须要考虑的事情。

大型复杂软件系统的设计通常都采用“分层”的方法，这样可以使系统的实现变得相对简单，数据库管理系统也是如此。按照这种“分层”的思想，一个数据库管理系统可以划分为数据库管理维护、用户界面处理、查询处理、事务管理、调度、缓冲区管理以及存储管理几大部分，图 1-1 给出了它的一个参考设计方案。

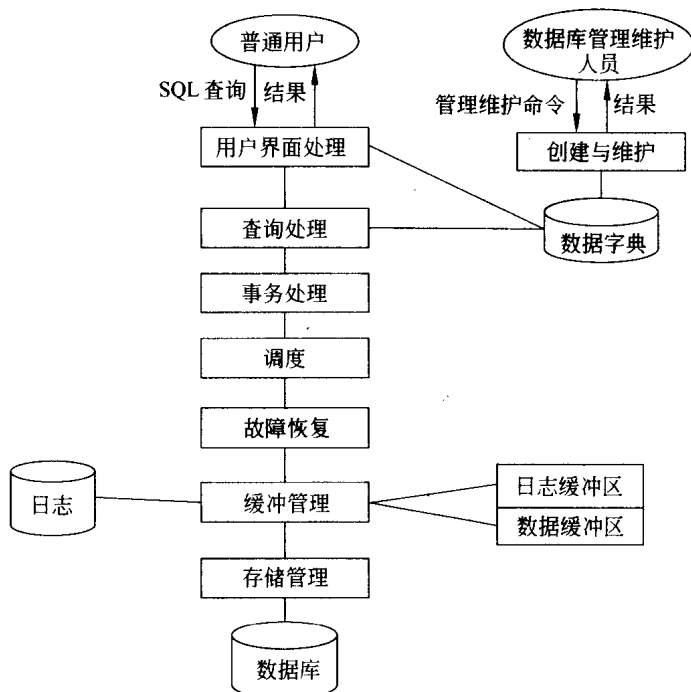


图 1-1 数据库管理系统的分层设计

图 1-1 中各个组成部分以及它们之间的相互关系简单地描述如下：

- “创建与维护”子系统接收数据库维护人员,如数据库管理员生成、维护数据库的 DDL 等命令,完成前面介绍的数据库管理系统的第一项功能。它将命令处理的结果如数据库与关系表的结构、索引情况、用户权限分配等信息(元数据)记录在数据字典里,提供给系统的其他部分使用。
- “用户界面处理”模块从用户那里接收 SQL 命令,利用数据字典对命令进行语法和语义检查,将命令转送给“查询处理”子系统。在查询处理结束时,“用户界面处理”模块将 SQL 命令的最终结果返回给用户。
- “查询处理”子系统负责将 SQL 命令转换成关系代数操作,同时进行各种优化,形成由关系代数操作构成的查询执行计划,将计划输出给“事务处理”子系统。
- “事务处理”子系统为查询生成事务标识,记录事务处理信息,将查询执行计划的操作送交“调度”模块,等待事务的结束。
- “调度”模块对来自多个用户的请求通过加锁或时间戳等方法使访问数据库的操作排队,并依次将读写日志、读写数据库的操作输出给“故障恢复”子系统。
- “故障恢复”子系统调用“缓冲管理”模块完成对日志、数据库的读写操作,在这一过程中,记录数据变化的日志记录必须在数据更新之前先行写入日志,以保证当出现故障时能够对数据进行恢复。
- “缓冲管理”模块根据它与“调度”模块之间对数据与日志管理的约定查看内存中的缓冲区,必要时调用“存储管理”子系统完成数据的读写。
- “存储管理”子系统位于数据库管理系统的最底层,它直接对磁盘页面上的数据进行管理,为它的上层模块提供一组可直接访问这些页面数据的接口命令。由“存储管理”子系统返回的数据将进入缓冲区,再由“缓冲管理”等上层模块或子系统逐级将数据返回,完成 SQL 命令与事务的全部处理。

以上内容大体上刻画了一个关系数据库管理系统的软件构成以及各个部分之间的交互。当然,数据库管理系统所采用的客户/服务器体系结构或 P2P 的体系结构会对以上的设计框架产生某些影响,但这种影响只不过体现在上述模块或子系统在客户、服务器之间的划分与分配上,就整个软件系统的设计与实现而言不是本质的。

1.2 《数据库专题训练》的由来

经过近五十年的发展,数据库管理的核心技术已经相当成熟,这主要表现在商业数据库管理系统的日益完善及其强大的功能上。随着当前信息技术的发展,数据库管理系统及数据库的应用也越来越广泛,可以说是深入到社会的各个领域,而数据库技术本身也在不断地发展,例如能处理可扩展标记语言(XML)数据的数据库产品。数据库管理系统已经成为各种信息技术的综合体,同时在数据库应用方面也不断出现新的面孔,而数据库管理系统本身的研究也在不断地扩展。清华大学计算机科学与技术系目前的数据库课程设置已经与数据库技术的发展不相适应。为了使清华大学加入世界一流大学的行列,为了培养国际性的高科技人才,同时也为了提高清华大学计算机科学与技术系在国内的地位,我们必须加强清华大学计算机科学与技术系数据库系列课程的建设,而不是目前简单的两门课程,这一系列课程将覆盖与数据库管理系统密切相关的以下内容:

- 数据库的设计与应用;
- 数据库管理系统中的数据存储;
- 数据库管理的核心技术;
- 数据库管理系统的设计与实现;
- 并行与分布式数据库管理系统;
- 数据库管理系统的扩展与前沿研究。

通过这一系列课程的学习,学生可以了解数据库管理系统的基本理论,了解数据库管理的核心技术及其实现,了解有关数据库管理系统研究的最新进展等;使学生学会如何设计与实现大型的数据库应用系统,从而认识到数据库管理系统在大型应用系统中的地位和作用,尤其是认识到我们国家在数据库管理系统方面与世界的差距,为将来参与有关数据库方面的研究奠定必要的知识基础。

正是在这个背景之下,清华大学计算机科学与技术系为了完善在数据库方面的教学与科研,已经决定开设数据库系列课程,其中针对数据库系统中的数据存储技术,已批准开设了本科生高年级的《数据库专题训练》这门课程,并且已经纳入清华大学计算机科学与技术系本科生的培养计划和教学计划。课程紧紧围绕着一个商业数据库系统进行讲解,并且选择微软公司的 SQL Server 2000 作为教学用例,以便学生能充分理解数据库管理系统的设计与实现,同时能根据教学用例实现一个小型的数据库管理原型系统。

1.3 选择 SQL Server 2000 的原因

本教材之所以选择微软公司的 SQL Server 2000 为例来介绍关系数据库管理系统的设计思想、原理、算法、具体实现等细节,其主要原因如下:

第一,SQL Server 2000 是一个十分成功的软件产品,它良好的性能及其稳定性来自于出色的设计与实现。结合这样的系统进行学习,可以使读者体会到像关系数据库管理系统这样大型复杂的软件在工业界完成设计与实现的细节,这无论是对计算机专业的学生,还是对从事数据库领域的研究人员,都是一种有益的借鉴。

第二,结合 SQL Server 2000 介绍关系数据库管理系统的设计与实现,将涉及一些深入的技术细节。例如,如何充分利用操作系统的功能使得实现的关系数据库管理系统具有最好的性能与健壮性就是一个十分重要的问题,书中较详细地讨论了解决它的指导思想与技术方案,而这些在介绍数据库管理系统的通用原理与技术的教材里很难得到体现。从这一意义上说,本教材和其他通用教材可以互相补充,为数据库管理系统的学习与研究提供一条新的途径。

第三,微软亚洲研究院与 SQL Server 2000 开发人员对此书的写作给予了很大的支持,他们的热情与支持促使我们将所收集到的资料整理成书,予以出版。

作为前沿研究,本书的第 6 章对最新的纯 XML 数据库管理系统的存储策略和查询处理(包括查询优化)进行了全面的分析,以便广大读者能更好地理解数据库的物理存储结构和查询处理的过程。

1.4 SQL Server 2000 的技术特色

微软公司的 SQL Server 是一个典型的关系数据库管理系统,它可以在笔记本电脑、桌面计算机、直至企业级的服务器这样不同的配置环境上运行。SQL Server 最早是通过将 Sybase 从 UNIX 移植到 Windows NT 而来的,1994 年微软公司与 Sybase 公司的合作中断,微软公司开始独立地在 Windows 操作系统下开发 SQL Server,从 1995 年到 1999 年经过 6.0、6.5、7.0 等若干版本的演变,SQL Server 逐步成为数据库市场的主流产品。2000 年 8 月,微软公司最新的关系数据库管理系统产品 SQL Server 2000 正式发布。

与 SQL Server 7.0 相比,SQL Server 2000 又有了新的提高,主要体现在如下几个方面。

第一,在诸多方面扩充、增强了关系数据库引擎的功能。例如,增加了 bigint、table、sql_variant 等新的数据类型;允许在视图上建立索引;支持 64GB 的物理内存;增加了对于更新、删除外码而引起的参照完整性级联效应的控制;支持在同一台计算机上同时运行多个 SQL Server 数据库实例。

第二,允许在多个服务器上实现对关系的水平划分,支持分布式数据处理,允许多个数据库服务器形成联邦数据库,提高数据库的性能与可扩展性。

第三,增加了对 XML 以及 Internet 的支持。这一新增加的功能允许用户在 SQL 服务器上存储 XML 文档,允许通过 SELECT 语句以及路径选择对 XML 数据进行查询,SQL 服务器也可以通过 HTTP 协议来访问。

第四,在联机分析处理(SQL Server 2000 称之为分析服务)上增加了新的特点。例如,增加新的立方体(Cube)类型与立方体操作,在联机分析中集成了数据挖掘算法,用以从关系数据库、立方体中发现信息。

第五,其他增强的功能包括数据库维护的图形化、可视化界面;数据复制;元数据服务;数据转换服务等。

1.5 《数据库专题训练》的实验要求

《数据库专题训练》这门课主要讲述数据库的底层存储技术,包括存储理论和实际商业系统 SQL Server 2000 的实现技术。课程的主要内容包括 SQL Server 2000 的技术特色、体系结构;SQL Server 2000 的数据库与数据库文件、表的物理存储以及索引和行操作,以及最新的纯 XML 数据库系统的物理存储。关于 SQL Server 2000 的其他高级技术,如查询处理、事务管理、并发控制和故障恢复等核心技术将会在有关的研究生课程中讲述。

为了使學生充分理解 SQL Server 的存储技术,要求学生利用此技术实现一个简单的存储系统,包括缓存管理和 I/O 处理。这将是一个不小的工程实验作业,在完成这个作业的过程中,需要老师和学生以及同组的学生对自己的设计方案要不断地进行讨论,并且相互交流心得体会,以便使學生顺利地完 成大实验作业。本实验作业要求 4~5 个学生为一个设计实现小组,完成一个小型 M-DBMS 的开发。这个小的 M-DBMS 能够处理大部分的 SQL 语句,例如: