

第3章

数据库应用系统设计方法

数据库应用系统设计是指以计算机为开发和应用平台,以操作系统(OS)、某一商用数据库管理系统(DBMS)软件及开发工具、某一程序语言等为软件环境,采用数据库设计技术进行完成某一特定应用领域或部门的信息/数据管理功能的数据库应用系统的设计实现过程。这样的数据库应用系统可能是一个信息管理系统,比如教学信息管理系统,旅馆信息管理系统等;也可能是一个装备制造或工业控制软件系统中的数据库管理子系统/模块,比如在电厂生产监控管理系统中,由于涉及对数据库中数据和实时采集到的数据的综合处理与分析,所以必须有数据库管理子系统的支持。显然,在这些系统中都涉及数据库的建立和对数据库中数据的运用。

掌握数据库应用系统设计实现的基本理论、基本技术和方法,对于理工类专业的学生,特别是其中的信息类专业的学生把握各自专业领域计算机信息系统和装备制造系统中的控制软件设计中的共性问题,提高计算机的应用水平和开发能力等都具有重要的意义。

3.1 数据库应用系统设计概述

本节介绍数据库应用系统的生命周期和基本的设计方法和步骤,以便为本章和后续章节内容的学习理清思路。

3.1.1 数据库应用系统的生命周期

数据库应用系统的设计是一个比较复杂的软件设计问题。

(1) 一个数据库应用系统首先是一个应用软件系统,所以其设计过程总体上应遵循软件生命周期的阶段划分原则和设计方法。

(2) 数据库应用系统的设计又涉及数据库的逻辑组织、物理组织、查询策略与控制机制等专门知识,所以又有自己独具特色的设计要求。

(3) 一个数据库应用系统的设计要求设计人员一般应具有一定的关于用户组织的业务知识或实践经验,而实际的数据库设计人员大多缺乏应用领域的业务知识,所以数据库应用系统的设计长期以来一直是一个极具挑战性的课题。

本书将软件工程思想与数据库设计技术相结合,把数据库应用系统从开始设计时的需求分析,到被新的系统取代而停止使用的整个时期,称为数据库应用系统的生命周期,并将其分成用户需求分析、数据库设计、数据库实现、数据库运行与维护4个时期,以及用户需求

分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计、数据库结构创建、数据库应用行为设计与实现、数据库运行与维护共 7 个阶段。数据库应用系统的生命周期及各个时期对应的阶段划分如图 3.1 所示。

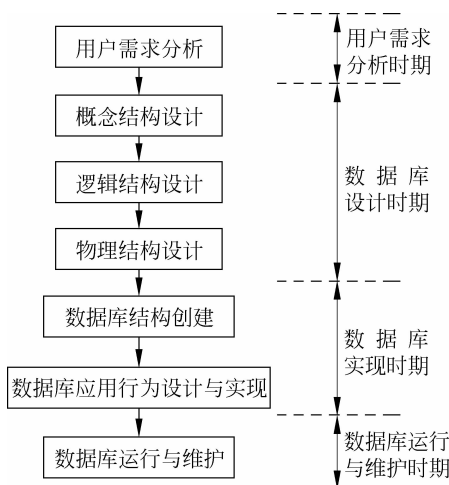


图 3.1 数据库应用系统的生命周期及各个时期对应的阶段划分

3.1.2 数据库应用系统设计方法

从理论上讲,数据库应用系统的设计涉及数据库应用系统生命周期的各个时期和阶段,但在数据库应用系统正式投入运行和使用后的漫长阶段中,除了设计者必要的改正性维护(修改软件投入运行后发现的某些软件设计错误)、适应性维护(为了适应变化了的软件和硬件环境而进行的修改软件活动)、完善性维护(修改某些设计时考虑不周的情况和因增加新功能而修改软件)外,基本上都属于用户对该系统的使用、管理和维护问题。所以数据库应用系统的设计方法主要涉及用户需求分析、数据库设计、数据库实现三个时期。

1. 用户需求分析时期

用户需求分析是指分析用户对数据管理的功能需求和应用需求,是进行数据库应用系统设计的基础。用户需求分析的结果能否准确反映用户对数据管理应用需求的实际要求,将直接影响以后各个阶段的设计工作,并事关整个数据库应用系统设计的成败。

2. 数据库设计时期

数据库设计是指设计数据库的结构特性,也即为某一用户组织的数据管理应用需求构造出最优的数据库逻辑结构和物理结构。数据库设计主要包括数据库的概念结构设计、逻辑结构设计和物理结构设计三个阶段。

概念结构设计和逻辑结构设计主要有两种方法:一种方法是用需求分析阶段得到的描述用户数据管理需求的各种数据表格作为数据库的概念结构模型,然后以这些表格的表头为关系框架将其变换成一组关系模式,再对其进行规范化设计和优化后,形成数据库的逻辑结构模型。另一种方法是先将现实世界中的事物及它们之间的联系用 E-R 图表示,得到数

据库的概念结构模型,然后再将用 E-R 图表示的概念结构转换成一组关系模式,在进行必要的规范化设计和优化后,形成数据库的逻辑结构模型。相比之下,由于用 E-R 图方法得到的关系模式比较规范,所以规范化设计比较简单,但完成一个大型用户组织信息管理功能的数据库应用系统设计时涉及的(由大量 E-R 图构成的)总体 E-R 图也是一件比较复杂的工作。而由数据表格得到的关系模式通常很不规范,所以规范化设计比较复杂,但在需求分析阶段收集各种现成的信息管理表格却是一件比较容易的事情。

数据库的物理结构是指数据库在物理存储设备上的存储结构和存取方法。因此,需要根据所选用的 RDBMS 的数据库存储方法,为逻辑结构设计阶段设计好的逻辑数据库模型和应用要求,选择和设计其在物理存储设备上的物理存储结构和存取方法。

3. 数据库实现时期

数据库实现是指,依据数据库物理结构设计阶段设计好的数据库物理模型,创建数据库的物理存储结构,编程设计实现能够满足该用户组织中各种用户对数据库应用需求的功能模型和行为特性。数据库实现主要包括数据库物理存储结构创建、数据库的子模式设计、数据库应用需求功能模块和行为特性的编程设计及实现、装入实际数据进行系统试验性运行等。

4. 数据库运行维护时期

数据库应用系统运行与维护时期的主要工作包括:必要的改正性维护、适应性维护、完善性维护;数据库转储备份与恢复及故障维护;数据库运行性能的检测与改善等。

3.1.3 数据库应用系统研发、管理和使用人员视图级别

数据库应用系统的使用、开发和管理人员主要有数据库应用系统用户(一般简称用户)、应用程序员、系统分析员和数据库管理员(Database Administrator, DBA)。不同的人员所看到的数据库是有区别的,也即数据库应用系统具有不同的视图级别。显然,了解这些人员在数据库应用系统生命周期各个阶段的作用,对于数据库应用系统的设计和实现,以及对其后的管理使用都是有意义的。图 3.2 给出了数据库应用系统的视图级别模型。

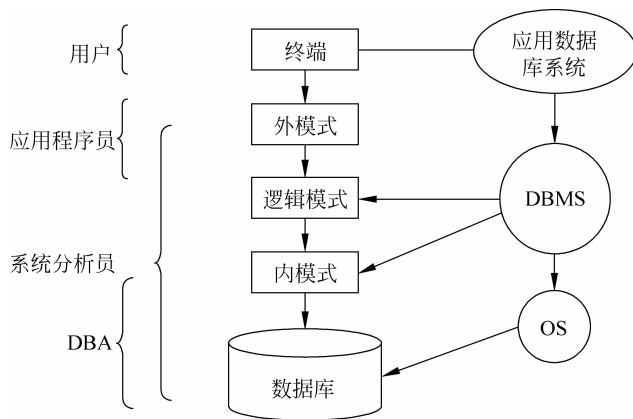


图 3.2 数据库应用系统的视图级别

图 3.2 形象地描述了在数据库使用、开发和管理过程中,不同人员看到的数据库和所处的角色。

(1) 用户,仅指使用数据库应用系统的人员。他们一般是从事某一具体领域工作的业务管理人员,只须熟练掌握该数据库应用系统的使用方法,而无须了解该数据库应用系统的有关设计问题。但在比较小型的数据库应用系统中,由于一般不配置专门的数据库管理员,所以用户同时要承担 DBA 的职责。

(2) 应用程序员,仅指那些在数据库应用系统设计中专门从事应用程序编写的程序员。但在许多情况下,应用程序员与系统分析员一起完成数据库外模式,甚至包括模式和存储模式的设计,并根据外模式和部分逻辑模式编写应用程序。

(3) 系统分析员,是指在数据库应用系统设计中负责系统需求分析,承担数据库应用系统的软、硬件配置,参与数据库各级模式设计的工作人员。所以系统分析员实质上是指那些负责数据库应用系统设计的总体设计人员或总体设计师。在一个数据库应用系统的设计中,要求系统分析员熟悉计算机系统的软、硬件知识;熟悉数据库应用系统的设计技术;熟悉系统设计中所用的数据库软件等。

(4) 数据库管理员(DBA),仅指在数据库系统运行过程中监管系统运行情况,改进系统性能和存储空间管理,负责数据库的备份与恢复等工作的系统管理人员。数据库管理员的职责如下。

- ① 数据库运行情况的监控。以使数据库始终处于正常运行状态。
- ② 数据库数据的备份。即按要求定期备份数据库。
- ③ 数据库的恢复。即当数据库在运行过程中遇到硬件或软件故障时,负责恢复数据库软件的正常运行,恢复数据库中数据的正确性。
- ④ 数据库的存储空间管理与维护。根据数据库存储空间的变化情况进行存储空间分配;根据存储效率情况对存储空间进行整理,比如收集碎片等。

需要说明的是,这里给出数据库应用系统研发、管理和使用过程中的人员视图级别,目的是理清不同人员的职责,以便于更好地理解数据库应用系统设计过程中各类人员的作用地位。

3.2 用户需求分析

围绕数据库应用系统设计而进行的需求分析包括管理的数据需求、系统功能需求、系统环境配置及安全性需求。

用户需求分析阶段的主要任务是了解用户组织的机构,建立用户组织的结构层次方框图;分析用户的业务活动,建立用户的数据管理业务数据流图;收集所需数据,整理数据库中的信息内容;分析用户的数据处理要求和数据安全性与完整性要求;确定系统功能和软硬件环境配置,最终形成系统需求分析说明书。

3.2.1 用户需求分析过程

1. 分析用户的业务活动,建立用户业务数据流图

了解用户组织中各个业务的活动内容,建立描述用户业务处理及其信息流动过程的数

据流图(详见 3.2.2 节),是用计算机自动或部分自动地实现满足用户业务流程要求的信息化管理的关键步骤。所以,需要详细了解各个用户(科员或部门)当前业务活动、业务流程和业务处理中各个环节之间的信息流动顺序、处理顺序、需要的信息存储支持和处理的结果信息存储需求;梳理各个业务活动和业务流程中的输入信息和输出信息及其与中间信息的关系。

分析的基本方法是和用户(主管领导、科室业务人员)进行个别询问和座谈交流;查阅各部门的业务处理记录和档案资料;视情进行必要的跟班作业;在此基础上对在以往的业务活动中或模棱两可,或互相推诿的问题进行问卷调查,在广泛征求各方面意见的基础上给出合理的业务处理流程,并以数据流图的形式给出描述用户业务处理过程及其数据详细流动情况的系统逻辑模型。

本部分需求分析的结果是建立描述用户业务信息流动和处理逻辑的数据流图。

2. 整理用户业务信息流动和处理的数据信息,建立描述数据信息的数据字典

这一步首先要收集和整理描述用户业务信息流动和业务处理要求所涉及的各种数据信息,包括各种账表、单据、报表、合同和档案中的数据描述要求,从各种规章、制度和业务处理文件中抽取出来的数据描述信息。接着,通过进一步的梳理和分类,标注出各个数据所相关的业务范围或相关部门。例如,可将教学管理数据库中的学生的学号、姓名、性别、出生年月等有关反映学生自然情况的数据信息作为一类。然后,确定每类信息中数据元素的确切的名称、类型、长度、取值范围和应用特征,比如该数据元素是否可为空值(NULL)等。最后,还要进一步弄清每类信息允许哪些用户执行哪些操作及操作的频度等。

本部分工作的基本方法是从涉及的各种文档资料中收集、分析和整理建立数据库所需的数据信息,并通过必要的个别交谈咨询和问卷调查等措施完善收集和整理的数据信息。本部分工作的结果主要是完成数据字典的编制。

3. 分析用户的信息处理要求,确定系统的信息管理和系统处理功能

宏观上来说,数据库应用系统的基本功能就是实现对要管理的业务数据信息的录入、删除、修改、查询和报表输出打印等,但不同的应用领域和管理层对信息的管理和处理都有各自不同的特定要求。因此,这一步是在前几步工作的基础上,进一步了解和细化用户组织中各个业务部门的信息处理要求,也即他们希望从数据库中获得哪些信息,要获取的信息包括哪些具体内容;希望数据库应用系统完成什么样的处理功能,对数据的处理方式和响应时间有什么样的要求。在此基础上,进而根据计算机目前的处理能力来确定系统应实现的功能和所应具有的性能。

本步工作的基本方法包括个别交谈询问和集体座谈交流,查阅业务处理记录和档案资料,进行必要的跟班作业。分析的结果是以文档形式描述的系统功能需求列表、系统性能要求列表和必要的辅助说明信息。

4. 调研用户组织的机构组成和地理分布,初步确定系统的软硬环境配置方案

本部分主要是通过对用户组织的机构组成、各个部门的职责及其相互关系、各个部门的规模和地理分布范围等信息的调研了解,为系统网络环境及体系结构、系统硬件环境及性能

要求、系统的软件环境配置及开发工具需求等的确定提供依据。

调研了解的基本方法是与该用户组织中的有关领导和业务主管进行座谈,索取和收集相关的文档资料。在调研了解的基础上,勾画出一张能够比较全面反映该用户组织机构及其相互关系的组织机构层次方框图。比如如图 3.3 所示的大学教务部门的组织机构层次方框图。

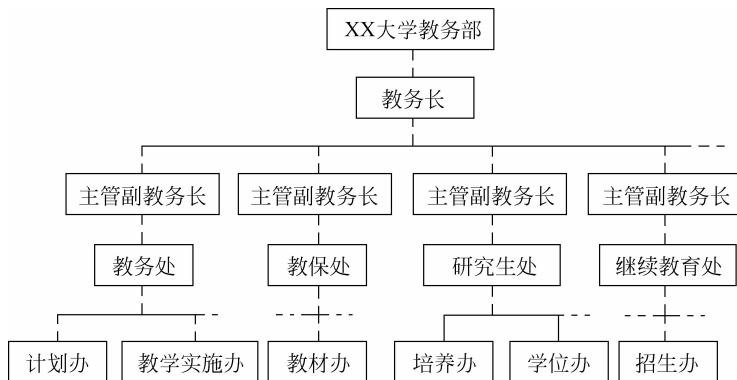


图 3.3 组织机构层次方框图示例

然后,根据各个部门的地理分布情况和初步的投资意向,初步确定系统的网络拓扑结构和网络软硬件配置;根据整个系统的信息处理需求,确定系统相关的硬件、软件配置,给出相应的开发平台与开发工具需求。同时,也要根据用户组织的性质和信息安全要求,确定相应的信息安全措施,比如网络防火墙的配置、数据库加密措施、信息传输中的安全措施等。

5. 收集、整理需要进行管理的具体数据

通过这一步的工作,一方面可通过现有的实际数据及其组织格式的分析,进一步完善数据字典中有关数据信息的描述;另一方面,可进一步为数据库概念结构和数据库逻辑结构的设计提供参考;同时,也可为后续的系统实现验证和实际数据的录入奠定基础。本部分的工作可能一直延续到系统设计实现完成为止。

通过以上用户需求分析过程,就可以最终形成完整的系统需求分析说明书。通常情况下还要对需求分析说明书进行评审,根据评审意见进一步修改需求分析说明书。

3.2.2 数据流图及用户业务处理逻辑描述

本节的数据流图和 3.2.3 节的数据字典内容,是有关数据需求的描述方法。

数据流图(Data Flow Diagram,DFD)是一种用于描绘系统逻辑模型的图形工具,是逻辑系统的图形表示。数据流图只关心系统需要完成的基本逻辑功能,而无须考虑这些逻辑功能的实现问题,所以数据流图中没有任何具体的物理元素,只是从数据传递和处理的角度反映信息在系统中的流动情况。

数据流图一般用如图 3.4 所示的 4 种基本符号表示。

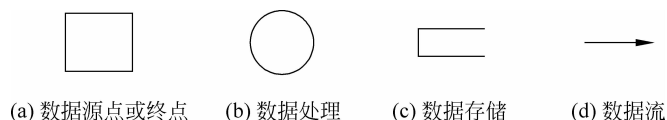


图 3.4 数据流图的基本符号

1. 数据源点或终点

数据的源点是指数据的起源处,数据的终点是指数据的目的地。数据的源点和终点分别对应于外部对象,这些外部对象是存在于系统之外的人、事物或组织,比如作者、出版社、书库管理员等。数据的源点或终点用方框表示,对外部对象的命名写在方框内。

2. 数据处理

数据处理是对数据流图中的数据进行特定加工的过程。一个处理可以是一个程序、一组程序或一个程序模块,也可以是某个人工处理过程。对数据的处理用圆圈表示,表示每个处理功能或作用的名称一般写在圆圈内。

3. 数据存储

数据存储代表待处理的处于静态状态的数据存放的场所。一个数据存储可以是一个文件、文件的一部分、一个数据库、数据库中的一个记录等。文件可以是磁盘、磁带、纸张或其他存储载体或介质上的文件,数据库也可以看做是一个文件。数据存储用右开口的长方形表示。数据存储的名称写在右开口的长方形中。

4. 数据流

数据流是指数据流图中数据的流动情况,用单向箭头表示数据流图中由它连接的两个符号间的数据流动,单向箭头的指向即为数据的流动方向。除流向或流出数据存储的数据流可以不命名外(因为其含义已经表示了对文件的存入或读取操作),一般都要给出流动的数据的命名,并写在相应单向箭头的旁边。

例 3.1 用数据流图描述图书预订系统的业务处理逻辑。答案如图 3.5 所示。

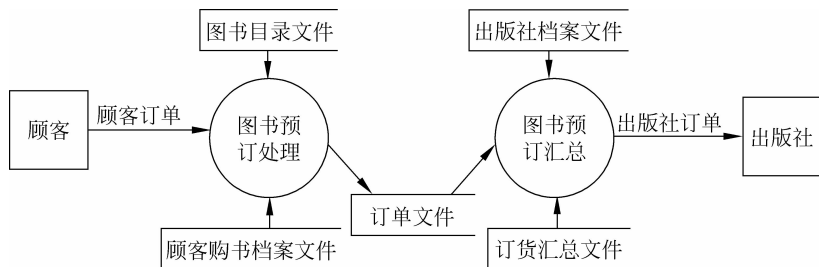


图 3.5 描述图书预订系统处理逻辑的数据流图

3.2.3 数据字典

数据流图表示了数据与处理的关系,但在数据流图中无法表达出每个数据和处理的具

体含义和详细描述信息,数据字典(Data Dictionary,DD)用于详细地给出数据流图中所有数据的定义和描述信息,是描述和定义数据流图中所有数据的集合。数据字典通常包括以下4个部分。

1. 数据项

数据项是不可再分的数据单位,是组成数据流的基本元素。数据项的定义和描述信息主要有:数据项名、别名、含义、类型、长度、取值范围、使用频率、使用方式、与其他数据项的逻辑关系等。其中,“取值范围”和“与其他数据项的逻辑关系”是定义数据完整性的约束条件。

2. 数据流

数据流表示数据处理过程中的输入或输出的数据,可以是数据项,也可以是由数据项组成的某种数据结构的数据单位。对数据流的定义和描述信息主要有:数据流名、含义、组成数据流的数据项或数据结构、数据流的来源或去向、数据流的流量等。

3. 数据表

数据表是信息管理中最常见的数据格式,许多数据表与数据库逻辑设计后的关系模式有一定的对应关系。对数据表的描述信息主要有:数据表名、数据表中各个属性(字段)的编号、名称、数据类型、数据长度、取值范围、数据表的所有者等。这些信息为数据库逻辑模式中相关信息的确定奠定了良好的基础。

表3.1 是进行大学教学信息管理系统的数据需求分析时,建立的数据字典中的一个典型的数据表。

表 3.1 课程数据表

序号	中文名称	类型	长度	字段名
1	课程代号	char	7	KCDH
2	课程名称	vchar	50	KCMC
3	课程类型	vchar	8	KCLX
4	学时	numeric	2	XS
5	学分	numeric	1	XF
6	任课教研室	vchar	8	RKJYS

4. 处理

处理表示一个处理所要完成的工作或功能。对处理的定义和描述信息主要包括:处理的名称、处理的定义或描述、流入和流出处理的数据流、执行频次等。

数据字典没有统一的格式,可以按照自己对各条目内涵的理解设计一套通俗易懂的图表或文档格式。数据字典的编制可以用手工方式书写,也可以借助文字处理软件在计算机上实现。数据字典在用户需求分析阶段配合画初步的数据流图时初步建立,并伴随数据库设计过程和设计方案不断改进和完善而不断修改、充实和完善。

3.2.4 数据库应用系统的功能需求

数据库应用系统的功能包括对要建立的数据库系统的信息管理功能和基于该数据库系统的应用功能和辅助决策功能。由于用户组织的层次、规模及应用领域的不同,不同的数据库应用系统的功能一般都有较大的区别。因此,要根据用户组织的特点、应用背景及决策需求,合理梳理功能需求类别,确定数据库应用系统的功能模块。下面通过两个实例说明不同数据库应用系统的功能需求。

1. 教学管理数据库应用系统的功能需求

实现教学信息管理是高等院校数据库管理系统的最基本的信息管理要求,一般来说至少应具有下列主要功能模块。

1) 学生信息管理

学生基本情况的录入、修改、删除和灵活多样的查询功能;学生选课信息的录入、修改、删除和查询功能;学生课程考试成绩的录入、修改、删除和灵活多样的查询功能(比如,统计、排名等);学生留级、休学等特殊信息的管理功能。

2) 课程信息管理

课程基本信息的录入、修改、删除和查询功能;专业选课信息及选课要求信息的查询功能;课程安排及其主讲教师信息的查询功能等。

3) 院系及专业信息管理

院系机构设置和专业设置信息的管理,包括相关的录入、修改、删除和查询功能。

4) 各种管理信息的报表输出和打印功能

2. 企业网站的功能需求

一般来说,各种网站实质上是一个网络信息管理系统,所以一个功能较强,且具有动态信息管理功能的网站一般应具有下列一些功能模块。

1) 新闻发布

管理员可对新闻进行增加、修改、删除,可上传相关图片等。

2) 产品展示

用于展示企业的产品性能、指标和用途等信息。管理员可对产品进行增加、修改、删除,可设定打折额度及期限,可上传和更换产品图片等。

3) 用户管理

支持客户通过网站进行注册,企业可通过客户信息的查询等,掌握客户的基本情况、产品需求情况和客户等级,并为客户提供必要的信息服务。

4) 需求调查与信息反馈

支持客户通过该模块提出自己的产品需求,或反馈所购产品的质量信息等;可实现对客户需求和反馈信息的浏览、处理和答复。

5) 网上购物

相当于电子商务中的在线销售模块。支持客户资料的管理、商品信息的管理、订单处理等;支持商品的进、销、存;支持客户的回访、意见受理等功能。

6) 人才招聘

支持企业的人才招聘。应聘者可通过该模块进行注册,填写个人详细信息,并根据企业招聘要求选取合适的工作需求;企业管理人员可对应聘人员的信息进行浏览、筛选和招聘后进行删除等。

7) 企业论坛

用于企业内部或对外进行交流。可自行定制论坛版块,管理员或领导可向全体人员发公开信,所有发布资料均自动记录在数据库中,以便后期查询及汇总。

3.2.5 数据库应用系统环境配置与安全性需求

1. 数据库应用系统的环境配置

在用户需求分析中,通过对用户组织的信息管理及应用功能的需求分析,可以初步获知要建立的系统的复杂程度。通过对用户组织机构组成的调研和分析,可以获知用户组织的规模、管理层次及其相互间的业务关系。通过用户组织各分机构的地理分布,比如该用户组织位于一个办公室内,仅有比较单一的业务;该用户组织位于一个建筑物内;该用户组织位于一个占地面积几千平方千米的大院内;该用户组织的分支机构位于一个城市的不同街区;该用户组织的分支机构位于不同的城市等,就可获知该用户组织机构的地理分布情况。以此为基础就可确定要建的数据库应用系统的环境配置。

1) 单机数据库应用系统还是基于网络的数据库应用系统

对于位于一个办公室内,且仅有比较单一业务的应用来说,一般采用在单个计算机上运行的单用户数据库应用系统。这类系统不需要考虑进行外部连接的网络环境。对于位于一个建筑物内的用户组织,一般采用局域网络环境,网络服务器和数据库服务器等设在信息中心,用户应用的客户端或浏览器计算机直接连接到各个办公室。对于分支机构位于一个城市的不同街区,或位于不同城市的用户组织来说,一般采用广域网络环境,目前大多数都是采用 Internet,同样将网络服务器和数据库服务器等设在信息中心,用户应用的浏览器计算机直接连接到各个办公室。

对于基于网络的数据库应用系统来说,涉及系统网络拓扑结构和路由连接方式的确定;网络服务器和数据库服务器及网络等设备的选择;数据库应用模式的选择(采用 C-S 模式还是采用 B-S 模式,详见第 8 章)等。由于这部分内容已超出了本课程的内容范围,所以不再赘述。

2) 采用的操作系统和数据库软件

目前,单机数据库应用系统和基于网络的数据库应用系统中的用户端计算机上基本都采用 Windows 操作系统。数据库管理系统软件一般根据系统规模、用户要求和用户应用背景等确定,比如系统规模比较小、应用功能不太复杂的系统可以采用 Access 数据库;中等规模和中等复杂度的系统可以采用 SQL Server 数据库;有些军用系统则要求用 Oracle 数据库。开发数据库应用程序的主语言主要有 CB(C++ Builer)、VC(Visual C++)、VB(Visual Basic)等,大多采用开发人员熟悉的语言。有关开发辅助工具的选择,主要取决于系统规模、经费投入大小和开发人员的需要和习惯等。