

高等学校本科应用型教材

# 计算机网络原理

张基温

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书是一本采用全新体系结构的计算机网络基础教材。全书共分为4篇,分别从4个角度观察计算机网络,理解计算机网络的工作原理:第1篇是在一个平面上观察计算机网络,分别介绍计算机网络的两个基本元素——链路和节点上的基本通信技术;第2篇是从立面上观察计算机网络,主要介绍几种计算机网络的体系结构;第3篇是从计算机网络工作时通信双方的关系上观察计算机网络的工作原理;第4篇是从实现的角度观察计算机网络的工作原理。这4篇将计算机网络的基本原理分解成相对独立的4个层次。读者每学习完一个层次的内容,对计算机网络工作原理的认识就会上升到一个新的高度。通过以上4个方面的学习,读者将会建立全面的、较为深刻的计算机网络的基本概念,掌握计算机网络的基本技术原理。

本书结构清晰、概念清楚、取材贴近现实技术,适合作为高等院校计算机专业、信息类专业、自动控制专业、管理工程专业及相关专业的教材,也可供有关工程技术人员学习参考。

# 前 言

20 世纪 50 年代末,通信与计算这样两个原来似乎互不相干的领域几乎同时向对方伸出了热情之手。一方面,为了提高计算机系统的可靠性并使用户能够享用远地的计算资源,开始用通信线路将计算机连接起来;另一方面,长期受机械式自动交换机容量、成本和扩展不便所困扰的通信系统,开始到与计算机技术密不可分的数字技术领域去寻找出路。从此,计算机技术和通信技术开始联姻。可是,当时谁也没有想到,这样一个结合,竟产生了一个奇迹,在短短的 20 年间,电子商务、电子政务、虚拟图书馆、数字地球、远程教育……这些建立在计算机网络基础上的“社会”,从根本上改变了人们的时空观念和生活方式,将人类社会推向了一个新的时代——信息时代,或者称为信息网络时代。在这场技术革命中,最有影响力的当是计算机网络。

计算机网络诞生于 20 世纪 60 年代。然而 1983 年著名的开放系统互连参考模型 OSI/RM 的出现,才使它进入一个新的发展时期。从此,计算机网络的科学体系开始建立,并逐渐形成有关专业的一门独立课程。自然,这门课程的核心就是 ISO 制定的 OSI/RM 7 层协议。20 多年过去了,在这 20 多年间,计算机技术和通信技术在各自的迅速发展中进行进一步融合,出现了通信技术计算机化、计算机技术网络化的新局面,一些新的、有前途的技术和现象正在浮出水面,淡化着原来的课程体系,并丰富着它的内容。它们是:

Internet 的迅速扩张和渗透,造成了 TCP/IP 一统天下的现实;

宽带、高速、高可靠性的光传输技术;

方便、简单的无线通信技术;

以三网合一为目标的宽带网络技术及其所引发的接入技术;

已经广泛应用的 ATM 交换和 IP 交换技术;

基于客户机/服务器模式的应用架构以及其他新的应用技术。

目前,计算机网络已经成为一个重要的研究和学习领域。它不仅是一套理论,也是一种技术。对于广大学习者来说,要学习好这门课程,不仅要学习一些概念,掌握计算机网络的基本原理,掌握一些技能,具备工程实践能力;最好还应当清楚它的实现方法,具备研究开发能力。对于一个教学单位来说,要教好这门课程,不仅要安排课堂教学,还要安排一定的工程实践教学和供学生进行研究开发的实验。实践证明,将计算机网络课程的教学分为理论教学、工程实训和实验

研究三个教学环节是非常有益的。作者的实践,得到了社会的认可,被列为江苏省“十五”教育科学规划项目,也得到了高等教育出版社的大力支持。本书就是本人构思的计算机网络的三个教学环节中用于理论教学的教材。

计算机网络的理论和知识本身就是网络结构的,既丰富复杂,又相互交织,这给教学带来不少困难。瞎子摸象是一个富有寓意的故事。它告诉我们,要认识事物,如果能从更多的方面进行观察,认识就会比较全面。在教学实践中,受这个故事的启迪,作者把计算机网络的理论学习分为4个层次,让学生分别从不同的角度去揣摩计算机网络,每一个层次都会在前一个层次的基础上,从更高的视角上,在更深的理论水平方面把学习推向新的高度和深度。这4个学习层次分别是:

从平面结构上观察计算机网络,分别讨论在节点和链路上的通信原理,让学习者构建最基本的网络通信知识;

从立面上观察计算机网络,讨论计算机网络的体系结构,将学习推向一个新的高度;

从计算机网络的工作模式观察计算机网络的工作方式和原理,建立客户机/服务器工作模式的概念,为计算机网络的应用和下一篇的学习打下基础;

从设计与实现的角度讨论网络程序设计的基本方法,为学习者进行计算机网络的开发奠定基础。

这4个层次分别对应本书的1~4篇,为学习者构建一个学习计算机网络的知識环境。

协议是计算机网络的灵魂。在本书的写作中,突出了协议,并且以TCP/IP为核心,突出了基于TCP/IP协议的应用开发能力的培养。同时也注意了对其他先进技术(如ATM)的介绍。为了能够在有限的学时内介绍完核心内容,本书忽略了一些已经陈旧(如x.25、帧中继等)以及在别的课程中要介绍的(如安全技术)内容。

本书作为建立新的计算机网络教材体系的尝试,必定会存在许多不足。作者殷切地期望得到更多的评比和改进意见,以使本书得到进一步的完善。

庄春兴、陈颀、杨波、陶利民、江森林参加了本书的校对、校订等工作。高等教育出版社的编辑同志在本书的出版过程中付出了辛勤的劳动。在此谨向他们(她)们表示诚挚的谢意。

张基温

2003年7月

# 目 录

## 第 1 篇 计算机网络组成原理

第 1 章 计算机网络概述 .....	( 3 )	技术.....	(43)
1.1 计算机网络及其分类 .....	( 3 )	2.4 差错控制 .....	(45)
1.1.1 计算机网络及其功能 ...	( 3 )	2.4.1 差错产生的原因与	
1.1.2 计算机网络的分类 .....	( 3 )	基本对策.....	(45)
1.2 计算机网络元素 .....	( 7 )	2.4.2 循环冗余码校验.....	(46)
1.2.1 网络节点 .....	( 7 )	2.4.3 差错控制协议.....	(48)
1.2.2 传输链路 .....	( 9 )	2.5 流量控制与滑动窗口协议 ...	(50)
1.2.3 协议.....	(10)	2.5.1 发送器窗口的	
习题 .....	(12)	工作原理.....	(50)
第 2 章 链路上的通信技术 .....	(13)	2.5.2 接收器窗口的	
2.1 基本通信方式 .....	(13)	工作原理.....	(50)
2.1.1 交互方式.....	(13)	2.6 高级数据链路控制	
2.1.2 并行传输与串行传输.....	(14)	协议 HDLC .....	(52)
2.1.3 串行通信中的		2.6.1 数据链路连接管理	
同步控制.....	(14)	方式.....	(52)
2.2 数据信号分析与编码 .....	(18)	2.6.2 HDLC 配置和数据传输	
2.2.1 数据信号分析与		工作方式.....	(53)
信道参数.....	(18)	2.6.3 HDLC 帧格式 .....	(54)
2.2.2 信道的主要性能参数.....	(20)	习题 .....	(55)
2.2.3 数字信号的模拟调制.....	(25)	第 3 章 中间节点上的通信技术 .....	(57)
2.2.4 模拟信号的数字编码——脉冲		3.1 交换节点上的通信 .....	(57)
编码调制技术.....	(27)	3.1.1 电路交换.....	(57)
2.2.5 数字编码.....	(28)	3.1.2 存储 - 转发交换.....	(58)
2.3 信道的多路复用技术 .....	(30)	3.1.3 分组交换的虚电路服务和	
2.3.1 频分多路复用 FDM		数据报服务.....	(60)
技术.....	(30)	3.1.4 交换机的功能.....	(63)
2.3.2 时分多路复用 TDM		3.1.5 交换机实现技术.....	(64)
技术.....	(31)	3.2 路由节点上的通信 .....	(67)
2.3.3 光波分多路复用 WDM		3.2.1 路由表与路由算法.....	(68)

3 2 2 路由器的基本结构..... (72)	习题 ..... (75)
3 2 3 路由器技术的演进..... (73)	

## 第 2 篇 计算机网络体系结构

第 4 章 ISO/OSI 参考模型 ..... (79)	5 4 交换式局域网 ..... (119)
4.1 关于网层次结构的 基本概念 ..... (79)	5 4.1 局域网的分段与 交换式局域网 ..... (119)
4.1.1 分层原则..... (79)	5 4.2 交换式局域网工作 原理 ..... (122)
4.1.2 服务与接口..... (79)	5 4.3 虚拟局域网 VLAN ..... (125)
4.1.3 各层设计中的 流量控制..... (82)	5 5 无线局域网 WLAN ..... (127)
4.2 ISO/OSI 参考模型结构 ..... (84)	5 5.1 WLAN 传输方式和 频段范围 ..... (127)
4.2.1 OSI 的低层 ..... (86)	5 5.2 无线局域网的结构 ..... (128)
4.2.2 OSI 的高层 ..... (89)	5 5.3 IEEE 802.11 协议 ..... (129)
4.2.3 传输层..... (90)	习题 ..... (132)
4.2.4 OSI/RM 各层中的 数据流动..... (96)	第 6 章 Internet 与 TCP/IP 体系 结构 ..... (133)
习题 ..... (98)	6.1 Internet 概述 ..... (133)
第 5 章 IEEE 802 模型与局域网 ... (100)	6.1.1 TCP/IP 概述 ..... (133)
5.1 局域网模型 ..... (100)	6.1.2 TCP/IP 与 OSI/RM 的 比较 ..... (135)
5.1.1 IEEE 802 模型 ..... (100)	6.2 网络接口协议 SLIP 和 PPP ... (136)
5.1.2 IEEE 802 协议标准 ..... (102)	6.2.1 SLIP 协议 ..... (137)
5.1.3 信道的多点共享访问 控制 ..... (102)	6.2.2 PPP 协议 ..... (138)
5.2 令牌网 ..... (103)	6.3 网际层 ..... (138)
5.2.1 令牌环网与 IEEE 802.5 标准 ..... (103)	6.3.1 IP 地址结构 ..... (139)
5.2.2 令牌总线网与 IEEE 802.4 标准 ..... (106)	6.3.2 IP 地址解析 ..... (141)
5.3 以太网 ..... (106)	6.3.3 IPv4 分组格式 ..... (144)
5.3.1 CSMA/CD 协议 ..... (107)	6.3.4 网际控制消息 协议 ICMP ..... (146)
5.3.2 IEEE 802.3 与 10 Mb/s 以太网 ..... (111)	6.3.5 IPv6 ..... (149)
5.3.3 100 Mb/s 以太网 ..... (115)	6.4 IP 路由 ..... (155)
5.3.4 IEEE 802.3z 与 千兆位 以太网 ..... (118)	6.4.1 路由器工作概述 ..... (155)
	6.4.2 路由信息协议 RIP ..... (159)
	6.4.3 开放式最短路优先

协议 OSPF .....	(160)	7.1.4 服务质量 QoS .....	(182)
6.4.4 边界网关协议 BGP .....	(165)	7.1.5 ATM 网络接口 .....	(183)
6.4.5 基于路由器的防火墙		7.2 ATM 协议参考模型 .....	(185)
技术 .....	(168)	7.2.1 物理层 .....	(185)
6.5 TCP 层 .....	(170)	7.2.2 ATM 层 .....	(187)
6.5.1 TCP 协议 .....	(170)	7.2.3 ATM 适配层(AAL) .....	(188)
6.5.2 UDP 协议 .....	(176)	7.3 ATM 局域网仿真 LANE .....	(189)
6.5.3 TCP/UDP 端口号的		7.3.1 LANE 网络的组成及	
分配方法 .....	(177)	体系结构 .....	(189)
习题 .....	(178)	7.3.2 LANE 的帧格式 .....	(191)
第 7 章 ATM 网络 .....	(180)	7.3.3 LANE 中的连接 .....	(191)
7.1 ATM 技术特点 .....	(180)	7.3.4 LANE 的初始化 .....	(192)
7.1.1 ATM 与 STM .....	(180)	7.3.5 地址解析与数据传播 ...	(193)
7.1.2 信元传输 .....	(180)	习题 .....	(194)
7.1.3 虚路径和虚信道 .....	(180)		

### 第 3 篇 计算机网络工作模式

第 8 章 进程间通信的客户机/服务器		9.1.1 本地注册与远程登录 ...	(204)
模式 .....	(197)	9.1.2 NVT 字符集 .....	(206)
8.1 进程 .....	(197)	9.1.3 TELNET 工作方式和	
8.1.1 进程及其状态 .....	(197)	用户命令 .....	(210)
8.1.2 进程的特点 .....	(198)	9.2 文件传输协议 FTP .....	(211)
8.2 客户机/服务器通信模型 .....	(198)	9.2.1 FTP 模型 .....	(211)
8.2.1 客户机/服务器模型		9.2.2 FTP 文件传输过程 .....	(212)
概述 .....	(198)	9.3 电子邮件传送协议 .....	(218)
8.2.2 客户机/服务器计算		9.3.1 电子邮件系统的	
模式的优点 .....	(200)	基本原理 .....	(218)
8.2.3 客户机/服务器的		9.3.2 简单邮件传输	
应用方式 .....	(200)	协议 SMTP .....	(220)
8.3 中间件 .....	(201)	9.3.3 其他几个重要的	
8.3.1 中间件的概念 .....	(201)	电子邮件协议 .....	(222)
8.3.2 中间件的类型 .....	(202)	9.4 简单网络管理协议 SNMP ...	(224)
习题 .....	(203)	9.4.1 网络管理概述 .....	(224)
第 9 章 客户机/服务器模式应用		9.4.2 SNMP 管理模型 .....	(226)
举例 .....	(204)	9.4.3 SMI .....	(227)
9.1 远程登录 TELNET .....	(204)	9.4.4 MIB .....	(229)

9 4 5 SNMP 的工作机制 .....	(231)	结构 .....	(236)
9 5 超文本传输协议 HTTP .....	(235)	9 5 3 HTTP 的工作机制 .....	(239)
9 5.1 超文本与 WWW .....	(235)	习题 .....	(243)
9 5.2 B/S 计算模式与浏览器			

## 第 4 篇 计算机网络应用程序设计

第 10 章 插口 API 基础 .....	(247)	概念 .....	(271)
10.1 基本概念 .....	(247)	11.1.2 状态转换分析 .....	(272)
10.1.1 插口 API .....	(247)	11.1.3 TCP 连接的建立和 释放 .....	(273)
10.1.2 UNIX/Linux 进程 .....	(248)	11.2 TCP 插口编程初步 .....	(281)
10.1.3 信号及其处理 .....	(251)	11.2.1 TCP 的 C/S 模型 时序图 .....	(281)
10.2 基本插口函数 .....	(253)	11.2.2 一个简单的 TCP 网络 通信程序 .....	(282)
10.2.1 创建 Socket——服务绑定： socket() .....	(254)	11.3 TCP 输入/输出模式 .....	(291)
10.2.2 本地地址绑定： bind() .....	(256)	11.3.1 阻塞模式下的输入/ 输出与超时控制 .....	(291)
10.2.3 建立插口连接——绑定 远端服务器地址： connect() .....	(260)	11.3.2 非阻塞模式下的 输入/输出模式 .....	(299)
10.2.4 插口被动转换： listen() .....	(262)	11.3.3 TCP 输入/输出多路 复用 .....	(303)
10.2.5 从被动插口的完成队列 中接收一个连接请求： accept() .....	(264)	11.4 基于 UDP 的插口程序 设计 .....	(307)
10.2.6 基本插口 I/O 函数 .....	(266)	11.4.1 UDP 编程模式 .....	(307)
10.2.7 关闭插口通道与 撤销插口 .....	(268)	11.4.2 一个简单的 UDP 客户 机/服务器程序 .....	(309)
习题 .....	(270)	11.4.3 非阻塞模式下的 UDP 客 户/服务器程序 .....	(312)
第 11 章 TCP/UDP 的插口程序 设计 .....	(271)	习题 .....	(315)
11.1 TCP 有限状态机 .....	(271)	附录 名词术语英汉对照表 .....	(316)
11.1.1 TCP 有限状态机的		参考文献 .....	(322)

## 第 3 篇

---

# 计算机网络工作模式

计算机网络数据链路层的任务是解决网络中链路的通信问题。网络层是从一个网络的全局考虑通信问题 ;到了传输层 ,则主要考虑处于网络中两个主机之间的通信问题 ;由此向上 ,所考虑的就是进程间的通信问题了。这一篇从计算机网络工作过程中通信两端进程间关系的角度 ,讨论计算机网络的工作原理。内容主要包括 :

客户机/服务器模式(第 8 章) ;

基于客户机/服务器的 Internet 应用(第 9 章)。

# 第 8 章 进程间通信的 客户机/服务器模式

这一章介绍与计算机网络工作模式有关的几个基本概念：

进程；

客户机/服务器模型；

中间件。

## 8.1 进 程

在客户机/服务器体系中,要使用进程。这一节对进程的一些概念做一点说明。

### 8.1.1 进程及其状态

《西游记》中描写的孙悟空要同众多的妖魔打斗,就拔下一根毫毛,变出一群自己的化身来。在多任务系统中,当只有一个任务(用户)时,计算机的资源(CPU、地址空间、全局变量、打开的文件、定时器、子进程、信号量等)都是分配给它的;但若有多任务(用户)时,一个程序就有可能生成对应于不同任务的多个拷贝,使各个任务可以被并行地处理。于是引入了进程(Process)的概念。

进程是多任务系统中的一个重要概念。多任务系统是一种可以同时运行多道程序的系统。这多道程序共享着系统的资源——I/O 设备、存储器和 CPU,并且以一定的规则来占有 CPU。在这种情形下,用程序的概念已经难于准确地描述各个程序动态的运行过程,于是引入了进程的概念,并通常将其定义为程序关于某一任务的一次运行活动。一个程序为实现不同任务可以同时有多次运行活动,每个运行活动分别被作为不同的进程。在 UNIX 和 Linux 中,所有的程序运行都是以进程的形式得以执行的。一个程序为一个任务的启动执行,便是一个进程的建立。该程序的该次执行结束,便是该进程的撤销。

一个进程从建立到撤销,就是它的生存期,在其生存期内,视其对 CPU 的占有情形分为三种状态:

运行态——进程占有 CPU,正在运行;

就绪态——进程已经具备除 CPU 之外的其他资源和条件,等待 CPU;

等待态——进程等待 CPU 之外的其他资源或条件。

进程是一个随执行过程不断变化的实体,它们在各自的虚拟地址空间中运行,并通过一定的机制进行通信。

### 8.1.2 进程的特点

进程具有如下一些特点:

(1) 进程是程序在并发系统中的一次执行,它有一个从被创建到被撤销的生命周期。

(2) 进程是程序运行时系统进行资源分配的基本单位,每个进程具有自己的地址空间——自己的代码区、数据区、堆栈、进程控制块、程序计数器。

(3) 当一个进程要创建一个子进程时,内存映像要从父进程拷贝到子进程,所有描述字要在子进程中复制。

(4) 当一个程序按多任务组织时,在多任务操作系统内核的调度下,系统中就会生成程序的多个拷贝——多个进程,这些进程是同一程序的不同体现,并且并发地执行。所谓并发地执行,是指各进程间的指令空间是独立的,它们只会执行自己的数据,不能读写别的进程的数据,也不用跳转到另外的进程去执行,它们都可以按照自己的方向和速度独立地向前推进。

(5) 一个进程在处理一个操作时,如果还需要另外一个操作或者想执行另一个程序,这时就派生(Fork)一个子进程,让子进程去处理。

(6) 一个进程与其他进程或与外界的通信,通过系统调用进行。

## 8.2 客户机/服务器通信模型

### 8.2.1 客户机/服务器模型概述

现代应用程序一般具有两大功能:向用户提供界面和进行信息处理。随着计算机网络应用的不断深入和发展,网络程序的规模和数量越来越大。为了便于开发,提高程序的可靠性和运行效率,人们开始将程序按两大类功能分开进行设计。这两类程序分别称为客户机程序和服务器程序,从而形成一种新的软件体系。在这种软件体系中,一个计算任务被分布在两类协作单元上:一类称为“前台(Front-End)”或客户机(Client)程序,用于接待用户,负责提出计算请求;一类称为“后台(Back-End)”或服务器(Server)程序,处理客户机程序的请求,然

后将处理结果回送客户机。可见 ,C/S(客户与服务器)并非通常意义上的硬件或系统 ,而是程序 ,进一步说 ,应当是进程。它们可以运行在一台计算机中 ,也可以运行在网络环境中的两台或多台计算机中。

C/S 结构好像酒店中的服务 ,分为前台接待顾客和后台制作两大部分一样 ,两部分之间分工、协同地工作 ,形成一般服务性系统内部实现对其用户提供应用服务的一种基本模式 ,称为客户/服务器计算模式或客户机/服务器计算模式 ,简称 C/S 模式。

与对等式工作模式相比 ,客户机/服务器计算模式最明显的特点是客户机的主动性和服务器的被动性。就是说 ,在 C/S 模式中 ,客户机和服务器不是平等工作的 ,而一定是先由客户机主动发出服务请求 ,服务器被动地响应。这也就是区分客户机与服务器的一条原则 ,看谁先发起通信 ,谁就是客户机。这种工作模式特别适合 TCP/UDP 工作方式。

如图 8.1 所示 ,在 UDP 协议的应用中 ,客户机首先向服务器的某个知名端口发送报文请求服务 ,服务器端的守候程序可以从收到的请求报文中的源地址识别出客户机的 IP 地址 ,然后根据决策的结果向客户机方返回服务应答。客户机与服务器之间可以直接联系 ,也可以通过若干中间件连接 ,中间连接件是一些标准接口 ,通常表现为一套 API 函数 ,并且对不同的应用有不同的接口。例如 ,对于数据库应用 ,标准接口可能是微软公司制定的 ODBC 等。

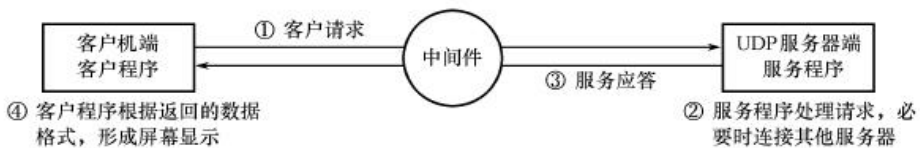


图 8.1 使用 UDP 传递数据的客户机/服务器模型

再如图 8.2 所示 ,在 TCP 协议的应用中 ,连接的发动者是客户机端 ,服务器方则在知名端口上消极地等待连接 ,是连接的被动端。连接成功后 ,服务器方在连接上等待由客户机方发来的服务请求 ;服务器方收到请求后 ,返回应答报文 ;服务结束后 ,双方拆除连接。



图 8.2 使用 TCP 传递数据的客户机/服务器模型

## 8.2.2 客户机/服务器计算模式的优点

目前的计算机网络基本上都是采用客户机/服务器模式的,原因就是它能带来如下一些益处:

### (1) 增强了系统的稳定性和灵活性

客户机/服务器模式将应用与服务相分离,使得系统具有即插即用的特点,减少了因系统变更带来的影响,模块易于替换、增减、移植,增强了系统的稳定性和灵活性。

### (2) 能够为作业配备较佳资源

客户机/服务器模式可以针对应用和服务的不同要求,以及针对不同的处理要求来配置相应的资源,取得最佳的性能/价格比,提高了服务质量、集成水平和事务处理能力。

### (3) 大大减低了系统的开发成本和风险

客户机/服务器模式便于类似系统的开发,它提供了一个开发框架,缩短了解决问题的时间,减少了风险,有利于快速解决问题,能将开发过程中的重复劳动减少到最少。同时,它可以在较低廉的工作站上开发完成,然后移植到较昂贵的产品系统中,大大减少了开发费用。

### (4) 便于维护和应用

客户机/服务器模式为系统人员提供了一个共同的后台(服务器)环境,为用户提供了一个友好的操作环境,便于维护和使用。

## 8.2.3 客户机/服务器的应用方式

客户机/服务器计算模式可以有 4 种应用方式,下面分别介绍它们的特点。

### 1. 客户机类应用方式

在客户机类应用方式中,所有的处理均由客户机承担,服务器仅提供文件类服务,如磁盘服务、文件服务和打印服务等。这种应用方式也称为胖客户机方式。由于全部任务都放在客户机中运行,使得配置较高的服务器的 CPU 优势不能得以有效发挥,系统的效率不高(特别是在进行大量的数据检索时,要把每一条记录都读到工作站内存,通信的开销很大),数据的一致性、安全性难于保证(因为每一台计算机中都要存放数据库的一个副本)。

### 2. 服务器类应用方式

在服务器类应用方式中,所有的处理均由服务器承担,客户机仅作为仿真终端注册到服务器。这类应用方式是一种瘦客户机方式。所谓的 Windows 终端就

是一种最典型的瘦客户机,其 100% 的处理在服务器上进行。

### 3. 客户机/服务器类应用方式

这是最典型的客户机/服务器计算模式:处理由客户机和服务器共同承担,服务器运行后台进程、集中处理作业,客户机负责同用户打交道,从而真正发挥了网络优势。所谓的浏览器/服务器(Browser/Server)就是一种典型的客户机/服务器类应用。

### 4. 分布处理类应用方式

在分布处理类应用中,多台服务器协同承担处理工作。图 8.3 给出了集中式服务器结构与分布式服务器结构的区别。

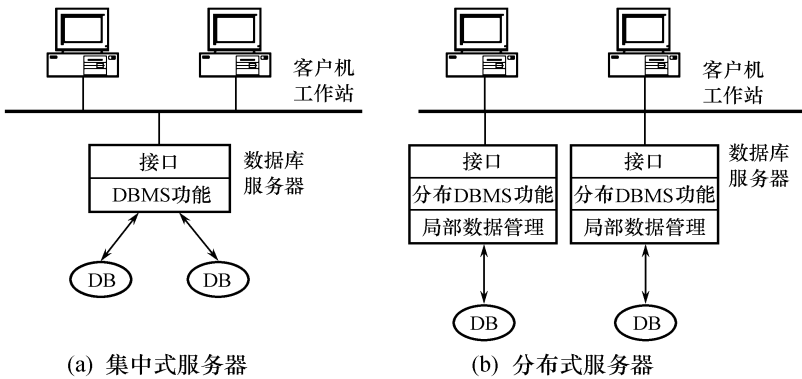


图 8.3 集中式服务器结构与分布式服务器结构的区别

## 8.3 中间件

### 8.3.1 中间件的概念

客户机/服务器模式因其众多的优点,已经获得广泛的应用。但是,它给程序员带来不少困难。这是因为,在网络环境下要编写客户机端和服务器端的应用程序,将涉及多个平台、多个协议和多种程序设计语言。这对大多数程序员来说仍然是相当困难的。如果要针对网络的低层协议来编写应用程序,则将使程序过多地依赖低层网络技术,很难集成新的网络服务;如果程序在很多地方依赖于高层协议和网络软件,则程序将很难编写,也难于移植到其他操作系统环境中。

中间件(Middleware)就是解决这一难题的一条出路。如图 8.4 所示,它的基本思路是在客户机与服务器或应用程序与操作系统之间增加一层可复用的软

件,通过一个高层应用程序编程接口 API(Application Program Interface),将低层网络协议与实现技术(即网络与应用)隔离开来,使程序员能将精力集中在应用软件的设计上。



图 8.4 中间件的作用

世界著名咨询机构 IDC 将中间件定义为：

中间件是一类软件,而非一种软件；

中间件是基于分布式处理的软件,它最突出的特点是其网络通信功能；

中间件不仅仅实现互连,还要实现应用间的互操作。

中间件可以为程序员提供高层、跨平台、多协议的接口,提供一些简单而功能强大的命令,使得在客户机/服务器模式下的编程变得简单而有效,同时还提供数据转换、差错检测、安全管理、队列和命令等多种功能。

世界著名咨询机构 Standish Group 在一份研究报告中归纳了中间件的十大优越性：

- 缩短应用的开发周期；
- 节约应用的开发成本；
- 减少系统初期的建设成本；
- 降低应用开发的失败率；
- 保护已有的投资；
- 简化应用集成；
- 减少维护费用；
- 提高应用的开发质量；
- 保证技术进步的连续性；
- 增强应用的生命力。

### 8.3.2 中间件的类型

随着计算机软件技术的发展,中间件技术已经日渐成熟,并开始商品化。按照 IDC 的分类方法,中间件可以分为 6 类。

#### (1) 消息中间件

消息中间件能够在客户和服务端之间提供同步或异步的连接,并且在任何

时刻都可以将消息进行传送或存储转发。消息中间件不会占用太多的网络带宽,可以跟踪事务,并通过将事务存储到磁盘上实现故障时的系统恢复。这类中间件的典型产品有 IBM CICS、BEA Message Q、东方通科技 TongLink/Q、清华紫光北美 TH - MT 等。

### (2) 交易中间件

交易中间件适合于联机交易处理系统,主要功能是管理分布于不同计算机上数据的一致性、保障系统处理的效率和负载均衡。交易中间件遵循的主要标准是 X/OPEN DTP 模型,典型的产品有 IBM CICS、BEA Tuxedo、东方通科技 TongEasy。

### (3) 对象中间件

就像用集成模块和扩展板装配计算机一样,对象中间件能为用户或开发者提供即插即用的互操作性。主要的对象中间件标准是 CORBA 的软构件框架。典型的对象中间件产品有 Borland VisiBroker、东方通科技 TongBroker。

### (4) 应用服务器

应用服务器是一种基于组件的中间层集成框架,它为组件的运行提供运行时环境、基础服务和管理等功能。应用服务器和组件各司其职,它们之间由明确规定好的接口进行管理。这类中间件一般基于 J2EE 工业标准,主要典型产品有 IBM Websphere、BEA Weblogic、东方通科技 TongWeb、HP Total - e - Server。

### (5) 安全中间件

安全中间件是以公钥基础设施(PKI)为核心,建立在一系列相关国际安全标准之上的一个开放式应用开发平台,它向上为应用系统提供开放的接口,向下提供统一的密码算法接口及各种 IC 卡、安全芯片等设备的驱动接口。典型产品有东方通科技 TongSec。

### (6) 应用集成服务器

应用集成服务器能把工作流和应用开发技术(如消息及分布构件)结合在一起,能自动地将构件、Script 应用、工作流行为结合在一起处理,同时也集成文档和电子邮件。典型产品有 IBM Flowmark。

## 习 题

- 8.1 说明进程与程序的关系。
- 8.2 说明进程之间有哪些通信方式。
- 8.3 试描述客户机/服务器环境的概念与体系结构。
- 8.4 使用客户机/服务器模式的主要优点有哪些?
- 8.5 试述中间件的用途。

# 第 9 章 客户机/服务器模式应用举例

在 Internet 的运输层(也称传输层)中 数据传输过程总是从一端首先发起请求开始的 因而基于传输服务的应用基本上都采用了客户机/服务器模式工作。下面介绍一些基本应用。

## 9.1 远程登录 TELNET

### 9.1.1 本地注册与远程登录

#### 1. 注册

在一个计算机系统中 当用户从键盘上键入一个字符时 这个字符就会被发送到计算机主机中 同时回送到监视器。一个较大的计算机系统可以支持多个用户 每个用户通过一个终端(通常由键盘、监视器和鼠标组成)与计算机交互;计算机分时地处理每个用户的请求 并使每个用户都有独享计算机的感觉 可以使用系统资源 从一个程序切换到另一个程序 但是实际上 每个用户都只有系统分配的使用特定系统资源的权力。为了识别用户 在分时操作系统环境中 要给每一个授权用户一个标识 通常还有一个口令。用户标识定义用户是系统的一部分 用户口令用于安全性检查 防止非授权用户使用系统资源。因此 一个用户要接入到多用户系统中时 首先要使用用户标识或注册名字登录到系统 系统还要进行口令检查。

#### 2. 本地注册

本地注册是指用户注册到本地的分时系统上。如图 9.1 所示 当用户在终端上键入字符时 键入的字符就被终端驱动程序接收 接着操作系统就解释字符组合 并调用所使用的应用程序。

#### 3. 远程登录 TELNET

远程登录 TELNET 是终端网络(TERminal NETwork)的缩写 它可以建立一个远程 TCP 连接 让用户(使用主机名和 IP 地址)注册到远地的一个主机上。这时 用户把击键信号传到远地主机 也把远地主机的输出通过 TCP 连接返回到