



工业和信息化部职业教育指导委员会“十二五”规划教材

全国高等职业教育计算机系列规划教材

C# 网络开发 项目教程

◎陈青华 主编

◎李亚梅 王灿伟 张伟红 副主编

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

Network Development

C#



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

TP312C

201348

全国高等职业教育计算机系列规划教材

C#网络开发项目教程

陈青华 主 编

李亚梅 王灿伟 张伟红 副主编



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

C#是微软公司推出的一种面向对象、类型安全的语言,简单易学且功能强大,本书通过精选的实际项目详细介绍了C#在网络开发方面的方法和技巧。

本书详细讲述了邮件发送和接收、FTP客户端、P2P聊天、局域网综合工具(主机扫描、端口扫描、广播程序)、网络五子棋、Web服务(天气预报查询、航班查询)、无纸化考试系统等程序的开发,涉及到SMTP、ICMP、TCP、UDP等多种网络协议。本书还介绍了不同于TCP/IP通信的Remoting通信技术,以及程序发布和美化方面的技巧。本书案例内容丰富,讲解详细,并有一定的工程背景,具有很高的实用价值。

本书可作为高等学校及软件学院的教材,也可供软件开发人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

C#网络开发项目教程 / 陈青华主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.12
全国高等职业教育计算机系列规划教材
ISBN 978-7-121-18963-0

I. ①C… II. ①陈… III. ①C语言—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第274719号



责任编辑: 左 雅 特约编辑: 俞凌娣

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 397千字

印 次: 2012年12月第1次印刷

印 数: 3000册 定价: 29.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

丛书编委会

主任 郝黎明 逢积仁

副主任 左雅 方一新 崔炜 姜广坤 范海波 敖广武 徐云晴
李华勇

委员 (按拼音排序)

陈国浪	迟俊鸿	崔爱国	丁倩	杜文洁	范海绍	何福男
贺宏	槐彩昌	黄金栋	蒋卫祥	李立功	李琦	刘宝莲
刘红军	刘凯	刘兴顺	刘颖	卢锡良	孟宪伟	庞英智
钱哨	乔国荣	曲伟峰	桑世庆	宋玲玲	王宏宇	王华
王晶晶	温丹丽	吴学会	邢彩霞	徐其江	严春风	姚嵩
殷广丽	尹辉	俞海英	张洪明	张薇	赵建伟	赵俊平
郑伟	周绯非	周连兵	周瑞华	朱香卫	邹羚	

本书编委会

主编 陈青华

副主编 李亚梅 王灿伟 张伟红

参编 姚远 李戈

丛书编委会院校名单

(按拼音排序)

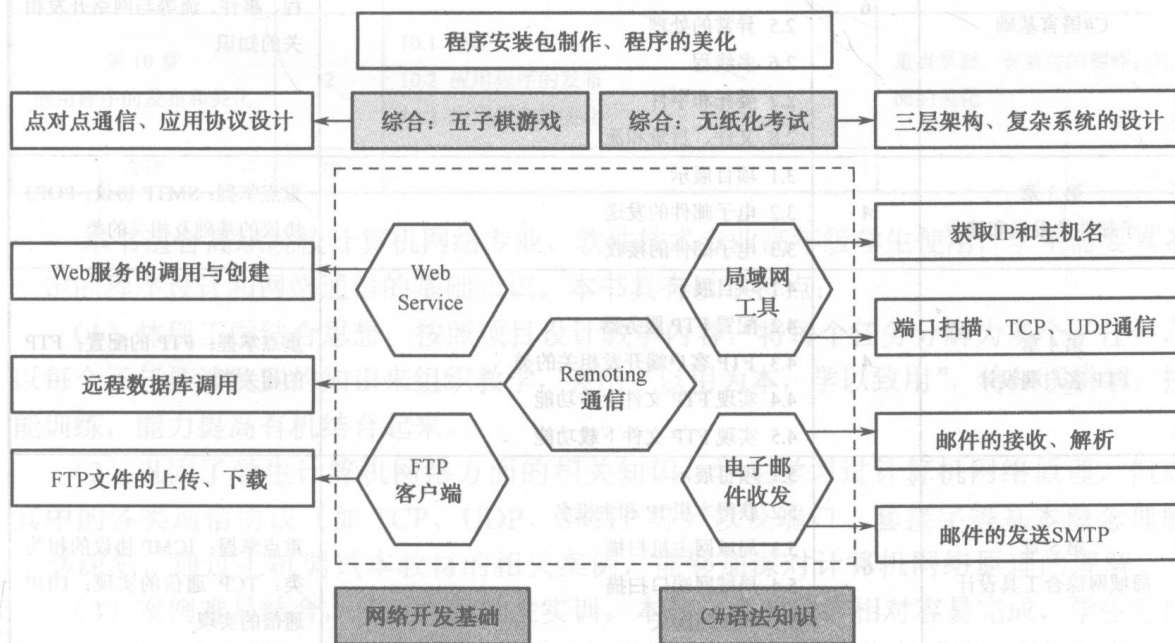
保定职业技术学院	山东省潍坊商业学校
渤海大学	山东司法警官职业学院
常州信息职业技术学院	山东信息职业技术学院
大连工业大学职业技术学院	沈阳师范大学职业技术学院
大连水产学院职业技术学院	石家庄信息工程职业学院
东营职业学院	石家庄职业技术学院
河北建材职业技术学院	苏州工业职业技术学院
河北科技师范学院数学与信息技术学院	苏州托普信息职业技术学院
河南省信息管理学校	天津轻工职业技术学院
黑龙江工商职业技术学院	天津市河东区职工大学
吉林省经济管理干部学院	天津天狮学院
嘉兴职业技术学院	天津铁道职业技术学院
交通运输部管理干部学院	潍坊职业学院
辽宁科技大学高等职业技术学院	温州职业技术学院
辽宁科技学院	无锡旅游商贸高等职业技术学校
南京铁道职业技术学院苏州校区	浙江工商职业技术学院
山东滨州职业学院	浙江同济科技职业学院
山东经贸职业学院	

前言

目前我国高职高专教育正面临深刻的变革，高职院校的教学如何适应行业、企业的需要，对教学的内容和形式做出怎样的调整，是摆在高职教育工作者面前亟待解决的现实问题。近几年国内许多高职院校积极推进教学改革，实行分方向教学（如软件专业分为.NET 方向和 Java 方向），使我们的学生学得更专、更深，技能训练得更扎实，从而能够更好地适应工作岗位的需要。分方向教学后，对教学过程的要求产生了新的变化，原有的教材已不能很好地满足新的需要。因此，开发“项目化”、“案例式”、“工学结合”的教材势在必行。

C#是一种先进、面向对象的语言，提供了大量的开发工具和服务帮助开发人员开发基于计算和通信的各种应用，通过 C#可以让开发人员快速建立大范围的基于网络平台的应用。C#是现代的编程语言，它简化了 C++部分特征，摈弃了 C++的部分复杂性，使它更易用、更少出错。目前，C#作为.NET 平台的主流开发语言，已经在管理系统开发、智能手机和嵌入式设备开发、动态网站开发等多个领域取得了广泛应用。软件行业对 C#工程师的需求量也越来越大。

本书使用的开发工具是微软公司的 Visual Studio 2008。全书的知识架构图如下图所示。



第 1 章介绍网络开发的基础知识，为了后续章节程序调试的方便，本章还介绍了 Windows XP 系统中的常用网络命令。第 2 章介绍了 C#的基础语法，其中多线程、事件、流、异常处理等内容与网络开发关系密切。第 3 章介绍使用 SMTP 协议发送电子邮件的方法，以及使用第三方类库 LumiSoft 接收电子邮件的方法。第 4 章介绍了 FTP 客户端上传、下载功能的实现。第 5 章介绍了局域网的综合工具，包括如何获取主机列表、端口

扫描、点对点聊天、广播信息的发送和接收等。第 6 章介绍了 Web Service 技术，并开发了天气预报查询、航班信息查询功能，演示了创建和部署 Web Service 的方法。第 7 章介绍了网络五子棋游戏的设计及实现，包括数据结构设计、应用协议设计、各种事件等。第 8 章介绍了 Remoting 通信技术的基本原理，并实现了远程数据库的调用。第 9 章实现了 C/S 版的无纸化考试系统，整体的结构采用三层架构，网络通信方面采用 Remoting 技术实现。第 10 章介绍了如何使用第三方界面插件实现应用程序的美化，以及如何制作程序的安装版本，这些功能使程序看起来更专业。本书内容涉及到 C#网络开发的各个领域，包含了多方面的技术，有很高的实用价值。希望能帮助有一定基础的读者快速达到能开发网络通信相关程序的目的。

附录 A 中提供了本课程的课程设计参考方案，附录 B 中列举了工程开发中可借鉴的 C#编码规范，希望能对读者有所帮助。

教学安排建议

章节	课时	教学内容	重点知识与技能
第 1 章 网络开发基础	4	1.1 OSI 参考模型 1.2 TCP/IP 网络模型 1.3 C#网络开发相关的类概览 1.4 Windows 常用网络命令	重点掌握：端口、套接字、网络协议等网络开发的基本概念
第 2 章 C#语言基础	6	2.1 C#语言及开发环境简介 2.2 数据类型及类型的转换 2.3 数组、字符串和结构体 2.4 集合相关类 2.5 异常的处理 2.6 多线程 2.7 委托和事件 2.8 文件、目录和流	重点掌握：集合相关类、多线程、事件、流等与网络开发相关的知识
第 3 章 电子邮件的发送和接收	4	3.1 项目展示 3.2 电子邮件的发送 3.3 电子邮件的接收	重点掌握：SMTP 协议；POP3 协议的基础及相关的类
第 4 章 FTP 客户端设计	4	4.1 项目展示 4.2 配置 FTP 服务器 4.3 FTP 客户端开发相关的类 4.4 实现 FTP 文件上传功能 4.5 实现 FTP 文件下载功能	重点掌握：FTP 的配置；FTP 的相关类
第 5 章 局域网综合工具设计	6	5.1 项目展示 5.2 获得本机 IP 和主机名 5.3 局域网主机扫描 5.4 局域网端口扫描 5.5 局域网聊天 5.6 局域网广播	重点掌握：ICMP 协议的相关类；TCP 通信的实现；UDP 通信的实现
第 6 章 Web Service 应用设计	4	6.1 项目展示 6.2 Web Service 简介 6.3 实现天气预报功能 6.4 实现国内航班查询功能 6.5 创建 Web 服务	重点掌握：Web Service 的原理与调用；Web 服务的创建

续表

章节	课时	教学内容	重点知识与技能
第 7 章 网络五子棋游戏	6	7.1 项目展示 7.2 游戏的设计 7.3 程序资源的组织 7.4 游戏胜负的判断 7.5 网络通信类的设计 7.6 游戏中的事件 7.7 项目的实施	重点掌握：软件总体设计；应用协议的设计
第 8 章 Remoting 通信技术	4	8.1 Remoting 技术概述 8.2 Remoting 体系的基本元素 8.3 远程对象 8.4 Remoting 通道 8.5 远程对象的激活方式 8.6 访问远程 Access 数据库	重点掌握：Remoting 通信的基本原理；远程数据库的访问
第 9 章 无纸化考试系统	10	9.1 项目展示 9.2 系统结构与功能设计 9.3 数据库设计 9.4 数据库访问设计 9.5 辅助类设计 9.6 远程对象设计 9.7 服务器端设计 9.8 客户端设计	重点掌握：三层结构的组成；复杂系统的设计与调试
第 10 章 应用程序的发布和美化	2	10.1 概述 10.2 应用程序的发布 10.3 应用程序的美化	重点掌握：安装包的制作；界面的美化
合计	50		

本书适合高职院校计算机网络专业、软件技术专业高年级学生使用，学生需要具备一定的程序设计和网络通信的基础知识。本书具有以下特点：

(1) 体现工学结合思想，按照项目设计教学内容，将每个任务分解为多个子任务，以每个子任务涉及到的知识来组织教学，突出“以用为本，学以致用”，将知识讲解，技能训练，能力提高有机结合起来。

(2) 巩固了学生计算机网络方面的相关知识。学生学习过计算机网络原理，但对其中的各类通信协议（如 TCP、UDP、SMTP 等）以及端口、套接字等基本概念理解不够深刻，通过上机调试本教材的相关案例，能够加深对计算机网络原理的理解。

(3) 案例难易结合，便于组织学生实训。本教材有的项目相对容易完成，学生可以在 2~4 学时的上机课中完成，有的案例（如网络五子棋、无纸化考试等）则较复杂，需要经过系统的分析和设计过程，上机调试约需要 8~10 学时。

(4) 案例具有启发性，便于学生举一反三。教材中的部分案例（如 Remoting 通信、Web 服务等）涉及到网络通信的高级技术，学生在掌握教材内容的基础上，完全可以进一步深入研究，开发复杂的网络应用。

本书由山东省工会管理干部学院陈青华、李亚梅、王灿伟、姚远、李戈，吉林大学

应用技术学院张伟红等编写完成。陈青华任主编并编写了第 1、2、3、8、9 章，李亚梅编写了第 5、7 章，王灿伟编写了第 4、10 章，张伟红编写了第 6 章。姚远、李戈参加了部分案例的编写和调试工作，在此向他们表示衷心的感谢。全书由陈青华负责统稿。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

第 1 章 绪论	1.1 网络的发展与分类	1.2 网络的组成	1.3 网络协议	1.4 网络应用	1.5 网络的安全	1.6 网络的未来
第 2 章 网络基础	2.1 网络的组成	2.2 网络的协议	2.3 网络的拓扑	2.4 网络的传输	2.5 网络的交换	2.6 网络的接入
第 3 章 网络互连	3.1 网络的互连	3.2 网络的网关	3.3 网络的桥接	3.4 网络的隧道	3.5 网络的代理	3.6 网络的防火墙
第 4 章 网络管理	4.1 网络的管理	4.2 网络的配置	4.3 网络的监控	4.4 网络的故障	4.5 网络的优化	4.6 网络的维护
第 5 章 网络应用	5.1 网络的应用	5.2 网络的开发	5.3 网络的集成	5.4 网络的部署	5.5 网络的测试	5.6 网络的验收
第 6 章 网络案例	6.1 网络案例	6.2 网络案例	6.3 网络案例	6.4 网络案例	6.5 网络案例	6.6 网络案例
第 7 章 网络案例	7.1 网络案例	7.2 网络案例	7.3 网络案例	7.4 网络案例	7.5 网络案例	7.6 网络案例
第 8 章 网络案例	8.1 网络案例	8.2 网络案例	8.3 网络案例	8.4 网络案例	8.5 网络案例	8.6 网络案例
第 9 章 网络案例	9.1 网络案例	9.2 网络案例	9.3 网络案例	9.4 网络案例	9.5 网络案例	9.6 网络案例
第 10 章 网络案例	10.1 网络案例	10.2 网络案例	10.3 网络案例	10.4 网络案例	10.5 网络案例	10.6 网络案例

本书主要面向从事网络工程工作的技术人员，也可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材。本书共分 10 章，第 1 章为绪论，第 2 章为网络基础，第 3 章为网络互连，第 4 章为网络管理，第 5 章为网络应用，第 6 章至第 10 章为网络案例。本书在编写过程中，参考了国内外大量的文献资料，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

CONTENTS

第 1 章 网络开发基础

1.1 OSI 参考模型

1.1.1 OSI 分层模型

1.1.2 OSI 各层介绍

1.2 TCP/IP 网络模型

1.2.1 TCP 协议和 UDP 协议

1.2.2 端口

1.2.3 套接字 Socket

1.3 C#网络开发相关的类概览

1.3.1 网络开发相关的命名空间

1.3.2 网络开发相关的类

1.4 Windows 常用网络命令

1.4.1 ipconfig 命令

1.4.2 ping 命令

1.4.3 netstat 命令

1.4.4 nbtstat 命令

1.5 小结

1.6 习题

第 2 章 C#语言基础

2.1 C#语言及开发环境简介

2.1.1 C#语言简介

2.1.2 熟悉 Visual Studio 2008

2.2 数据类型及类型的转换

2.2.1 数据类型

2.2.2 数据类型的转换

2.3 数组、字符串和结构体

2.3.1 数组

2.3.2 字符串

2.3.3 结构体

2.3.4 枚举

2.3.5 联合体

2.3.6 位域

2.3.7 指针

2.3.8 变量

2.3.9 常量

2.3.10 静态变量

2.3.11 静态方法

2.3.12 静态属性

2.3.13 静态构造函数

2.3.14 静态析构函数

2.3.15 静态成员函数

2.3.16 静态成员变量

2.3.17 静态成员常量

2.3.18 静态成员枚举

2.3.19 静态成员结构体

2.3.20 静态成员联合体

2.3.21 静态成员位域

2.3.22 静态成员指针

2.3.23 静态成员数组

2.3.24 静态成员字符串

2.3.25 静态成员结构体

2.3.26 静态成员联合体

2.3.27 静态成员位域

2.3.28 静态成员指针

2.3.29 静态成员数组

2.3.30 静态成员字符串

2.3.31 静态成员结构体

2.3.32 静态成员联合体

2.3.33 静态成员位域

2.3.34 静态成员指针

2.3.35 静态成员数组

2.3.36 静态成员字符串

2.3.2 字符串	/28
2.3.3 结构体	/29
2.4 集合相关类	/30
2.4.1 动态数组 ArrayList	/31
2.4.2 堆栈 Stack	/33
2.4.3 队列 Queue	/34
2.4.4 哈希表 HashTable	/34
2.5 异常的处理	/36
2.6 多线程	/38
2.6.1 进程与线程	/38
2.6.2 Thread 类	/39
2.6.3 线程的操作	/39
2.6.4 线程举例	/42
2.7 委托和事件	/43
2.7.1 委托 delegate	/43
2.7.2 事件 Event	/46
2.8 文件、目录和流	/48
2.8.1 文件和目录操作	/48
2.8.2 NetWorkStream 网络流	/52
2.9 小结	/54
2.10 习题	/54

第3章 电子邮件的发送和接收

3.1 项目展示	/56
3.2 任务1: 电子邮件的发送	/57
3.2.1 SMTP 协议简介	/57
3.2.2 SMTP 相关的类	/59
3.2.3 任务实施	/61
3.3 任务2: 电子邮件的接收	/65
3.3.1 POP3 协议简介	/65
3.3.2 LumiSoft 库简介	/66
3.3.3 任务实施	/68
3.4 小结	/73
3.5 习题	/73

第4章 FTP 客户端设计

4.1 项目展示	/74
----------	-----

4.2 任务 1: 配置 FTP 服务器	/75
4.2.1 FTP 概述	/75
4.2.2 配置 FTP 服务器	/76
4.3 FTP 客户端开发相关的类	/77
4.3.1 FtpWebRequest 和 FtpWebResponse	/77
4.3.2 TreeView 控件	/78
4.4 任务 2: 实现 FTP 文件上传功能	/80
4.4.1 在 C# 程序中调用 Windows API	/80
4.4.2 用 TreeView 控件实现本地文件浏览	/81
4.4.3 任务实施	/84
4.5 任务 3: 实现 FTP 文件下载功能	/87
4.6 小结	/88
4.7 习题	/89
第 5 章 局域网综合工具设计	/91
5.1 项目展示	/91
5.2 任务 1: 获得本机 IP 和主机名	/92
5.2.1 IPAddress 类和 IPHostEntry 类	/92
5.2.2 DNS 类	/92
5.2.3 任务实施	/93
5.3 任务 2: 局域网主机扫描	/93
5.3.1 ProcessStartInfo 和 Process 类	/94
5.3.2 任务实施	/96
5.4 任务 3: 局域网端口扫描	/97
5.4.1 ICMP 协议简介	/97
5.4.2 Ping 相关类	/98
5.4.3 Socket 类	/99
5.4.4 任务实施	/100
5.5 任务 4: 局域网聊天	/102
5.5.1 TcpClient 类	/104
5.5.2 TcpListener 类	/106
5.5.3 监听类 Listener	/106
5.5.4 发送类 Sender	/107
5.5.5 任务实施	/108
5.6 任务 5: 局域网广播	/110
5.6.1 相关知识	/110
5.6.2 任务实施	/110

5.7 小结

5.8 习题

第6章 Web Service 应用设计

6.1 项目展示

6.2 Web Service 简介

6.3 任务1: 实现天气预报功能

6.4 任务2: 实现国内航班查询功能

6.5 任务3: 创建 Web 服务

6.6 小结

6.7 习题

第7章 网络五子棋游戏

7.1 项目展示

7.2 任务1: 游戏的设计

7.2.1 功能的设计

7.2.2 数据结构的设计

7.2.3 应用协议的设计

7.2.4 坐标的转换

7.3 任务2: 程序资源的组织

7.3.1 图片资源

7.3.2 声音资源

7.4 任务3: 游戏胜负的判断

7.5 任务4: 网络通信类的设计

7.5.1 监听类

7.5.2 发送类

7.6 任务5: 游戏中的事件

7.6.1 主窗体加载事件

7.6.2 鼠标事件

7.6.3 更新事件

7.6.4 键盘事件

7.7 项目的实施

7.8 小结

7.9 习题

第8章 Remoting 通信技术

8.1 Remoting 技术概述

8.2	Remoting 体系的基本元素	/148
8.3	远程对象	/149
8.4	Remoting 通道	/150
8.4.1	Remoting 通道的注册	/151
8.4.2	Remoting 通道的注销	/152
8.5	远程对象的激活方式	/153
8.6	访问远程 Access 数据库	/157
8.6.1	ADO.NET 概述	/157
8.6.2	创建远程数据库访问的共享类	/159
8.6.3	服务端 RemoteDbServer	/160
8.6.4	客户端 RemoteDbClient	/161
8.7	小结	/163
8.8	习题	/163
第 9 章 无纸化考试系统		/164
9.1	项目展示	/164
9.2	任务 1: 系统结构与功能设计	/166
9.2.1	系统结构设计	/166
9.2.2	功能设计	/167
9.3	任务 2: 数据库设计	/169
9.4	任务 3: 数据库访问设计	/170
9.4.1	通用数据库访问类	/171
9.4.2	建立模型层	/173
9.4.3	数据访问层	/176
9.4.4	业务逻辑层	/182
9.4.5	外观层设计	/184
9.5	任务 4: 辅助类设计	/190
9.6	任务 5: 远程对象设计	/197
9.7	任务 6: 服务器端设计	/199
9.7.1	服务器登录窗体设计	/199
9.7.2	服务器主窗体设计	/201
9.7.3	服务器中心窗体	/202
9.7.4	服务器配置窗体	/204
9.7.5	考生监视窗体	/206
9.7.6	成绩浏览窗体	/209
9.8	任务 7: 客户端设计	/210
9.8.1	考生登录窗体设计	/210

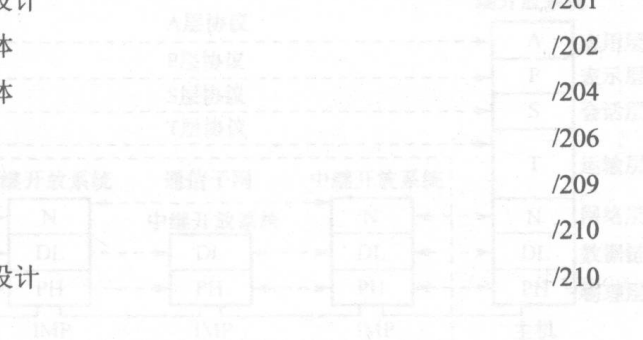


图 1.1 OSI 分层模型

9.8.2 考试窗体设计

9.9 小结

9.10 习题

第 10 章 应用程序的发布和美化

10.1 概述

10.2 应用程序的发布

10.3 应用程序的美化

10.4 小结

10.5 习题

附录 A 课程设计参考方案

附录 B C#编码参考规范

参考文献

表示基本的元素 /213

/220

/220

/221

/221

/221

/225

/227

/227

/228

/231

/234

第1章

网络开发基础

本章知识目标

- ✎ 掌握端口和套接字的概念
- ✎ 了解 TCP 和 UDP 协议的基础知识
- ✎ 了解.NET 中网络的相关类及作用

本章能力目标

- ✎ 掌握基本网络命令的使用

1.1 OSI 参考模型

1

1.1.1 OSI 分层模型

传统的开放式系统互连参考模型（Open System Interconnect, OSI），是由国际标准化组织（ISO）制定的标准化开放式计算机网络层次结构模型。“开放”表示能使任何两个遵守参考模型和有关标准的系统进行互连。

OSI 包括了体系结构、服务定义和协议规范三级抽象。OSI 的体系结构定义了一个七层模型，用以进行进程间的通信，并作为一个框架来协调各层标准的制定；OSI 的服务定义描述了各层所提供的服务，以及层与层之间的抽象接口和交互用的服务原语；OSI 各层的协议规范，精确地定义了应当发送何种控制信息及何种过程来解释该控制信息。

如图 1.1 所示，OSI 七层模型从下到上分别为物理层（Physical Layer, PH）、数据链路层（Data Link Layer, DL）、网络层（Network Layer, N）、运输层（Transport Layer, T）、会话层（Session Layer, S）、表示层（Presentation Layer, P）和应用层（Application Layer, A）。

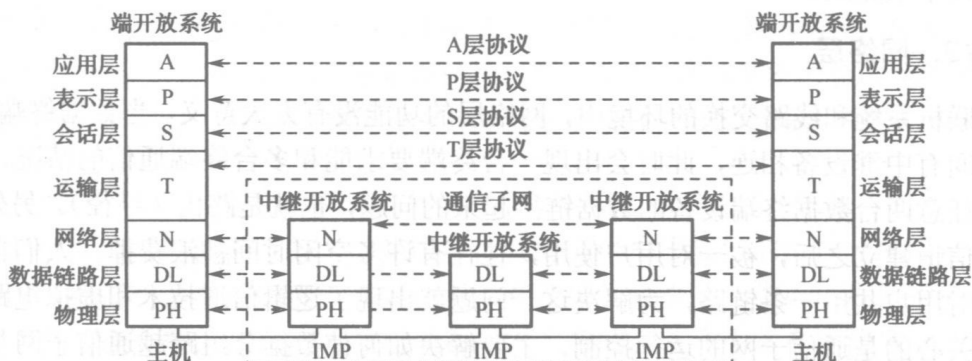


图 1.1 OSI 分层模型

1.1.2 OSI 各层介绍

► 1. 物理层

物理层是 OSI 的第一层，它虽然处于最底层，却是整个开放系统的基础。物理层为设备之间的数据通信提供传输媒体及互连设备，为数据传输提供可靠的环境。

物理层的主要功能是：

(1) 为数据端设备提供传送数据的通路，数据通路可以是一个物理媒体，也可以是多个物理媒体连接而成。一次完整的数据传输，包括激活物理连接、传送数据和终止物理连接。所谓激活，就是不管有多少物理媒体参与，都要在通信的两个数据终端设备间连接起来，形成一条通路。

(2) 传输数据。物理层要形成适合数据传输需要的实体，为数据传送服务。一是要保证数据能在其上正确通过，二是要提供足够的带宽（带宽是指每秒钟内能通过的比特（bit）数），以减少信道上的拥塞。传输数据的方式能满足点到点，一点到多点，串行或并行，半双工或全双工，同步或异步传输的需要。

► 2. 数据链路层

数据链路可以粗略地理解为数据通道。物理层要为终端设备间的数据通信提供传输介质及其连接。介质是长期的，连接是有生存期的。在连接生存期内，收发两端可以进行一次或多次数据通信。每次通信都要经过建立通信联络和拆除通信联络两个过程。这种两个过程中建立起来的数据收发关系叫做数据链路。在物理媒体上传输的数据难免受到各种不可靠因素的影响而产生差错，为了弥补物理层上的不足，为上层提供无差错的数据传输，就要对数据进行检错和纠错。数据链路的建立、拆除、对数据的检错、纠错是数据链路层的基本任务。

链路层的主要功能是：

(1) 链路连接的建立、拆除和分离。

(2) 帧定界和帧同步。链路层的数据传输单元是帧，协议不同，帧的长短和界面也有差别，但无论如何必须对帧进行定界。

(3) 顺序控制，指对帧的收发顺序的控制。

(4) 差错检测和恢复，还有链路标识，流量控制等。差错检测多用方阵码校验和循环码校验来检测信道上数据的误码，而帧丢失等用序号检测。各种错误的恢复则常靠反馈重发技术来完成。

► 3. 网络层

在联机系统和线路交换的环境中，网络层的功能没有太大意义。当数据终端增多时，它们之间有中继设备相连，此时会出现一台终端要求能和多台终端通信的情况，这就产生了把任意两台数据终端设备的数据链接起来的问题，也就是路由（寻径）。另外，当一条物理信道建立之后，被一对用户使用，往往有许多空闲时间被浪费掉。人们自然会希望让多对用户共用一条链路，为解决这一问题就出现了逻辑信道技术和虚拟电路技术。网络层关心的是通信子网的运行控制，主要解决如何使数据分组跨越通信子网从源传送到目的地的问题，这就需要在通信子网中进行路由选择。