

21世纪高等教育网络工程规划教材

21st Century High Education Planned Textbooks of Network Engineering



Windows网络编程

(第2版)

Windows Network Programming

(2nd Edition)

杨秋黎 金智 主编

汤望星 张杰 李晓黎 副主编

- 体现作者多年的Windows网络编程开发经验
- 讲解大量实用技巧，重点突出，便于灵活掌握
- 提供典型应用实例及其源代码，分析详细，实用性强

21世纪高等教育网络工程规划教材

21st Century High Education Planned Textbooks of Network Engineering



Windows网络编程

(第2版)

Windows Network Programming
(2nd Edition)

杨秋黎 金智 主编

汤望星 张杰 李晓黎 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

Windows网络编程 / 杨秋黎, 金智主编. -- 2版. --
北京: 人民邮电出版社, 2015. 1
21世纪高等教育网络工程规划教材
ISBN 978-7-115-37770-8

I. ①W… II. ①杨… ②金… III. ①Windows操作系
统—网络软件—程序设计—高等学校—教材 IV.
①TP316.86

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第289900号

内 容 提 要

随着 Internet 技术的应用和普及, 人类社会已经进入了网络时代。大多数应用程序都是运行在网络环境下, 这就要求程序员能够在应用最广泛的 Windows 操作系统上开发网络应用程序。本教程结合大量的实例, 介绍了开发 Windows 网络应用程序的必备知识, 并完整地讲述了几个 Windows 网络应用程序实例的开发过程。这些实例包括局域网探测器、基于 P2P 技术的 BT 下载工具和基于 WinPcap 技术的网络数据包捕获、过滤和分析工具等。

本书可以作为大学本科、大学专科及高职相关专业的教材, 也可作为广大 Windows 网络应用程序开发人员的参考资料。

-
- ◆ 主 编 杨秋黎 金 智
副 主 编 汤望星 张 杰 李晓黎
责任编辑 邹文波
责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.75 2015 年 1 月第 2 版
字数: 654 千字 2015 年 1 月北京第 1 次印刷
-

定价: 52.00 元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316
反盗版热线: (010) 81055315

前 言

随着 Internet 技术的应用和普及,人类社会已经进入了网络时代。大多数应用程序都是运行在网络环境下,这就要求程序员能够在应用最广泛的 Windows 操作系统上开发网络应用程序。因此,各高校许多专业都开设了相关的课程。

开发网络应用程序必须首先了解网络的组成和工作原理,编者在多年开发网络应用程序和研究相关课程教学的基础上,将本书分为 3 篇。第 1 篇介绍基础网络协议,由第 1~3 章组成,全面讲解了 Internet 与网络通信模型、TCP/IP 协议簇及其应用、IP 地址和子网规划。第 2 篇介绍网络编程的基本方法,由第 4~10 章组成,比较详尽地讲解了网络编程基础、Socket 编程基础、探测网络中的在线设备、NetBIOS 网络编程技术、高级 Socket 编程技术、安全套接层协议(SSL)以及基于 WinPcap 技术的网络数据包捕获、过滤和分析技术,内容涉及很多目前比较流行的经典网络编程技术,对读者今后的实际工作有很强的指导和借鉴作用。第 3 篇提供了两个实用的案例,包括局域网探测器和基于 P2P 技术的 BT 下载工具,读者可以通过这些系统学习开发 Windows 网络应用程序的过程和技术,也可以在实例的基础上稍加修改,独立使用。另外,本书每章都配有相应的习题,帮助读者理解所学习的内容,使读者加深印象、学以致用。

自本书第 1 版出版以来,受到了很多读者的欢迎和关注,反馈了大量意见和建议。在本教材第 2 版的编写过程中,编者充分考虑到读者的反馈,对第 1 版教材进行了很多修改和完善。新增了安全套接层协议(SSL)编程,并将开发工具从 Visual Studio 2005 过渡为目前比较流行的 Visual Studio 2012。

为了方便读者阅读和学习,编者根据本书内容另外提供实验、常见的 Windows Sockets 错误代码、使用 Visual Studio 2012 开发 Visual C++应用程序等内容。由于篇幅有限,这部分内容将不作为本书的内容出现。同时,本书还提供 PPT 课件、程序源代码等。读者可以登录人民邮电出版社教学服务与资源网(<http://www.ptpedu.com.cn>)免费下载。

本书在内容的选择、深度的把握上充分考虑初学者的特点,内容安排上力求做到循序渐进,不仅适合于教学,也适合于开发 Windows 网络应用程序的各类培训组织和个人用户学习与参考。

由于编写水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评、指正。

编 者

2014 年 12 月

目 录

第 1 篇 基础协议

第 1 章 Internet 与网络通信模型

概述2

1.1 Internet 概述2

1.1.1 Internet 的发展历史2

1.1.2 Internet 的管理机构4

1.1.3 国内 Internet 网络建设的现状5

1.2 网络通信模型和协议簇6

1.2.1 OSI 参考模型6

1.2.2 TCP/IP 协议簇体系结构11

习 题13

第 2 章 TCP/IP 协议簇及其应用14

2.1 IP14

2.1.1 IP 基础14

2.1.2 IP 的关键机制16

2.2 TCP 和 UDP17

2.2.1 TCP 的网络功能17

2.2.2 TCP 段结构18

2.2.3 TCP 的基本工作流程20

2.2.4 UDP22

2.3 其他常用协议23

2.3.1 ARP23

2.3.2 ICMP26

2.3.3 Telnet28

2.3.4 FTP29

2.3.5 SMTP 和 POP330

习 题31

第 3 章 IP 地址和子网规划33

3.1 IP 地址33

3.1.1 IP 地址的结构33

3.1.2 IP 地址的分类34

3.1.3 特殊的 IP 地址36

3.2 子网划分37

3.2.1 子网37

3.2.2 子网掩码38

3.2.3 CIDR 表示法44

3.2.4 单播、组播和广播地址45

习 题48

第 2 篇 网络编程

第 4 章 网络编程基础 51

4.1 网络编程相关的基本概念51

4.1.1 网络编程与进程通信51

4.1.2 Internet 中网间进程的标识53

4.1.3 网络协议的特征57

4.1.4 高效的传输控制协议59

4.1.5 可靠的传输控制协议60

4.2 三类网络编程62

4.2.1 基于 TCP/IP 协议栈的网络编程62

4.2.2 基于 WWW 应用的网络编程62

4.2.3 基于 .NET 框架的 Web Services 网络编程62

4.3 客户机/服务器交互模式65

4.3.1 网络应用软件的地位和功能65

4.3.2 客户机/服务器模式66

4.3.3 客户机与服务器的特性67

4.3.4 容易混淆的术语68

4.3.5 客户机与服务器的通信过程68

4.3.6 网络协议与 C/S 模式的关系69

4.3.7 错综复杂的 C/S 交互69

4.3.8 服务器如何同时为多个客户机服务	71	5.5.2 sendto()函数	106
4.3.9 标识一个特定服务	72	5.5.3 recvfrom()函数	107
4.4 P2P 模式	73	5.6 Socket 选项	108
4.4.1 P2P 技术的兴起	73	5.6.1 调用 getsockopt()函数获取 Socket 选项	108
4.4.2 P2P 的定义和特征	73	5.6.2 调用 setsockopt()函数设置 Socket 选项	111
4.4.3 P2P 的发展	74	习 题	113
4.4.4 P2P 的关键技术	74	第 6 章 探测网络中的在线设备	115
4.4.5 P2P 系统的应用与前景	75	6.1 获取本地计算机的网络信息	115
习 题	75	6.1.1 使用 ipconfig 命令获取本地网络信息	115
第 5 章 Socket 编程基础	77	6.1.2 获取本地网络信息的开发接口 IP Helper API	116
5.1 Socket 网络编程接口的产生与发展	77	6.1.3 获取本地网络适配器信息	117
5.1.1 Socket 编程接口起源于 UNIX 操作系统	77	6.1.4 获取本地主机名、域名和 DNS 服务器信息	121
5.1.2 Socket 编程接口的发展	78	6.1.5 获取本地计算机网络接口的基本信息	125
5.2 Socket 的工作原理和基本概念	78	6.1.6 获取本地计算机 IP 地址表	129
5.2.1 Socket 协议的工作原理	78	6.1.7 添加和删除 IP 地址	132
5.2.2 什么是 Socket	79	6.2 扫描子网中的地址	137
5.2.3 Socket 的服务方式和类型	79	6.2.1 计算指定子网内包含的所有 IP 地址	137
5.3 WinSock 编程基础	80	6.2.2 实现 ping 的功能	141
5.3.1 构建 WinSock 应用程序框架	80	6.2.3 扫描子网	148
5.3.2 IP 地址的表示形式	83	习 题	158
5.4 面向连接的 Socket 编程	85	第 7 章 NetBIOS 网络编程技术	159
5.4.1 面向连接的 Socket 通信流程	85	7.1 NetBIOS 协议及应用	159
5.4.2 socket()函数	86	7.1.1 NetBIOS 协议	159
5.4.3 bind()函数	87	7.1.2 使用 NBTSTAT 命令	162
5.4.4 listen()函数	88	7.2 NetBIOS 开发接口	163
5.4.5 accept()函数	89	7.2.1 NetBIOS 操作	163
5.4.6 recv()函数	91	7.2.2 NCB 结构体	164
5.4.7 send()函数	92	7.2.3 其他常用 NetBIOS 结构体	168
5.4.8 closesocket()函数	94	7.2.4 Netbios()函数	170
5.4.9 shutdown()函数	94	7.2.5 获取 LANA 上的所有 NetBIOS 名字	171
5.4.10 connect()函数	95	7.2.6 获取网络适配器上的 MAC 地址	175
5.4.11 TCP Socket 服务器应用程序编程实例	96		
5.4.12 TCP Socket 客户端应用程序编程实例	101		
5.5 面向非连接的 Socket 编程	105		
5.5.1 面向非连接的 Socket 通信流程	105		

7.3 在程序中实现 NBTSTAT 命令的功能	177	8.6.1 WSA Socket()函数	223
7.3.1 本实例的工作原理	177	8.6.2 调用 WSASend()函数发送数据	224
7.3.2 定义的结构体	177	8.6.3 调用 WSARecv()函数接收数据	225
7.3.3 为获取 NetBIOS 信息而定义的函数	178	8.6.4 GetOverlappedResult()函数	226
7.3.4 实现 NBTSTAT 命令功能的主函数	182	8.6.5 使用事件通知来管理重叠 I/O 操作	226
习 题	183	8.6.6 使用完成例程来管理重叠 I/O 操作	230
第 8 章 高级 Socket 编程技术	185	8.7 基于完成端口模型的 Socket 编程	233
8.1 Socket 编程模型概述	185	8.7.1 完成端口模型的工作原理	233
8.1.1 阻塞模式和非阻塞模式	185	8.7.2 创建完成端口对象	234
8.1.2 5 种 Socket 编程模型	185	8.7.3 等待重叠 I/O 的操作结果	235
8.2 阻塞与非阻塞模式 Socket 编程	187	8.7.4 基于完成端口模型的服务器应用程序实例	236
8.2.1 设置非阻塞模式 Socket	187	习 题	242
8.2.2 非阻塞模式服务器应用程序编程实例	188	第 9 章 安全套接层协议	244
8.2.3 非阻塞模式客户端应用程序编程实例	192	9.1 什么是 SSL	244
8.2.4 基于非阻塞模式的多线程服务器应用程序编程实例	195	9.1.1 SSL 简介和相关概念	244
8.3 基于 Select 模型的 Socket 编程	197	9.1.2 SSL 的握手过程	247
8.3.1 select()函数	198	9.2 数字证书	251
8.3.2 基于 Select 模型的服务器应用程序实例	199	9.2.1 基本概念	251
8.4 基于 WSAAsyncSelect 模型的 Socket 编程	206	9.2.2 数字证书的分类	252
8.4.1 WSAAsyncSelect()函数	206	9.2.3 数字证书的授权机构	253
8.4.2 创建窗口	207	9.2.4 部署基于数字证书的 HTTPS 网站	254
8.4.3 窗口例程	210	9.3 OpenSSL 编程基础	264
8.4.4 基于 WSAAsyncSelect 模型的服务器编程	210	9.3.1 OpenSSL 概况	264
8.5 基于 WSAEventSelect 模型的 Socket 编程	215	9.3.2 需要包含的头文件	265
8.5.1 WSAEventSelect()函数	215	9.3.3 需要引用的库文件	265
8.5.2 创建和管理事件对象	217	9.3.4 初始化 OpenSSL	266
8.5.3 WSAWaitForMultipleEvents()函数	217	9.3.5 创建 SSL 会话连接所使用的协议	266
8.5.4 WSAEnumNetworkEvents()函数	218	9.3.6 加载和使用证书	266
8.5.5 基于 WSAEventSelect 模型的服务器编程	219	9.3.7 SSL 套接字	268
8.6 基于重叠 I/O 模型的 Socket 编程	223	9.3.8 OpenSSL 握手	268
		9.3.9 通信结束	269
		9.4 OpenSSL 编程实例	270
		9.4.1 制作 SSL 证书	270
		9.4.2 开发基于 OpenSSL 的服务器程序	272
		9.4.3 开发基于 OpenSSL 的客户端程序	277
		习 题	281

第 10 章 基于 WinPcap 的网络数据包捕获、过滤和分析技术

10.1 WinPcap 技术基础	282
10.1.1 WinPcap 的体系结构	282
10.1.2 NIC 驱动器和 NDIS	283
10.1.3 网络组包过滤 (NPF) 模块	284
10.1.4 捕获数据包的原理和步骤	286
10.2 下载和安装 WinPcap 开发包	287
10.2.1 下载 WinPcap	287
10.2.2 安装 WinPcap	289
10.2.3 源代码的目录结构	289

10.3 在 Visual C++ 中使用 WinPcap 技术	290
10.3.1 环境配置	290
10.3.2 获取与网络适配器绑定的设备列表	291
10.3.3 获取网络适配器的高级属性信息	294
10.3.4 打开网络适配器并实现抓包功能	297
10.3.5 不使用事件处理器进行抓包	301
10.3.6 过滤数据包	304
10.3.7 分析数据包	306
习 题	310

第 3 篇 实例应用

第 11 章 设计局域网探测器

11.1 局域网探测器的主要功能	313
11.2 基础模块设计	313
11.2.1 基础函数	314
11.2.2 本地主机类 CLocalhost	316
11.2.3 设备信息类 CDevice	318
11.2.4 子网信息类 CSubnet	319
11.3 系统主界面设计	329
11.3.1 系统主界面中包含的控件	329
11.3.2 设计菜单项	329
11.4 加载和退出主界面	330
11.4.1 加载主界面的代码实现	330
11.4.2 在文本编辑框中输出描述信息	335
11.4.3 自动调整控件的大小	335
11.4.4 退出系统并保存自定义子网	336
11.5 管理子网	337
11.5.1 添加和编辑子网	337
11.5.2 删除子网	341
11.6 扫描指定的子网	342
11.6.1 设计执行扫描子网操作的对话框	342
11.6.2 启动子网扫描	344
11.7 检测子网的状态	345
11.7.1 设计检测子网状态的对话框	346
11.7.2 启动状态检测	347

第 12 章 设计基于 P2P 技术的 BT 下载工具

12.1 P2P 技术的工作原理和应用	349
12.1.1 P2P 技术的工作原理	349
12.1.2 P2P 网络模型	351
12.1.3 BT 下载	352
12.1.4 FTKernelAPI 兼容 BT 协议网络内核库	354
12.2 系统主界面设计	356
12.2.1 系统主界面中包含的控件	356
12.2.2 设计菜单项	357
12.2.3 设计工具栏	357
12.3 加载主窗口	359
12.3.1 加载主窗口的代码实现	360
12.3.2 在 StartContext() 函数中初始化 FTKernelAPI 环境	361
12.3.3 在 InitNatTunnel() 函数中初始化穿透内网的操作	365
12.4 实现 BT 下载	367
12.4.1 打开种文件	367
12.4.2 开始下载	376
12.4.3 停止下载	381
12.4.4 显示下载进度	382
12.4.5 删除文件	387
12.4.6 打开目录	388

第1章 网络基础

Internet 概述

第 1 篇

基础协议

1.1 Internet 概述

1.1.1 Internet 的发展历史

Internet 的发展历史可以追溯到 20 世纪 60 年代末。当时，美国国防部高级研究计划局（ARPA）为了支持其研究项目，开始建立 ARPANET。ARPANET 最初是一个小型的、局部的网络，主要用于连接几台计算机。随着技术的进步和需求的增加，ARPANET 逐渐扩大，并与其他网络互联，最终形成了今天的 Internet。在这个过程中，许多关键协议和技术被开发出来，为 Internet 的广泛应用奠定了基础。

随着 Internet 技术的应用和普及，人类社会已经进入信息化的网络时代。TCP/IP 是 Internet 的通信协议，它的发展与 Internet 技术的普及是密不可分的。它采用信息打包的方法简化各种不同类型计算机之间的信息输入，所有接入 Internet 的计算机都必须支持 TCP/IP。当然，Internet 技术并不是一开始就这样成熟的，它经过了一个从无到有、从简单到完善的过程。本章介绍 Internet 的发展历史和现状，以及 TCP/IP 的概况和体系结构。

1.1 Internet 概述

Internet 是世界上最大、最流行的计算机网络，它把各个国家和地区的成千上万的计算机都通过相同的协议连接在一起。本节介绍 Internet 的发展历史、管理机构和协议标准。

1.1.1 Internet 的发展历史

从浏览新闻、查阅资料，到即时通信、网上购物和欣赏在线视频，Internet 的应用已经影响到人们生活的方方面面，而且还将对人们的工作和生活方式产生更深远的影响。据权威机构统计，截至 2014 年 1 月，我国移动互联网用户总数已达 8.38 亿。

然而，Internet 在产生之初却并非出自民用目的。1957 年，当时的苏联发射了斯普特尼克一号人造地球卫星，这也是人类第一颗人造地球卫星，作为回应，美国国防部成立了高级研究计划局 (ARPA)，研究如何将科学技术更好地应用于军事领域。正是这个组织推动了 Internet 的发展，因此追根溯源，Internet 也可以说是冷战的产物。

20 世纪 50 年代是一个谈核色变的时代，当时美国国防部最为关注的问题就是在遭受核打击的情况下如何能组织起有效的反击。因为一旦遭受核打击，重要的通信干线一定会被破坏，各军种很难实现统一调度、协同作战。1962 年，美国空军委托兰德公司的 Paul Baran 来研究如何在遭受核打击后保持对导弹和轰炸机的控制和指挥，建立一个在核打击下逃生的军事研究网络。这个网络必须是分散的，这样才能保证在任何一个地点被攻击后，军方都可以组织有效力量进行反击。

Baran 设想了很多方法，并最终确定了分组交换网络的方案。分组交换指将数据拆分成报文或包，并标明它的源地址和目的地址，然后将这些包从一台计算机传送到另一台计算机，直至最终要达到的计算机。如果包在任意一点丢失了，则源计算机会重新发送该消息。也就是说，任意一点被破坏都不会影响计算机之间的正常通信。这为 Internet 的产生提供了理论基础，但 Baran 并没有在真正的物理网络中实现他的构想。

1968 年, ARPA 和 BBN 公司签订了研发阿帕网 (ARPANET) 的合同。1969 年, BBN 公司构建了一个物理网络, 把加州大学洛杉矶分校和斯坦福大学等地的 4 台计算机连接起来, 这也是最早的 Internet 的雏形了, 当时的网络带宽仅为 50kbit/s。

1972 年, BBN 公司的 Ray Tomlinson 开发了第 1 个电子邮件程序。同年, 高级研究计划局 (ARPA) 更名为美国国防高级研究计划局 (DARPA)。此时, 阿帕网通过网络控制协议 (NCP) 来传输数据, 可以实现在同一网络中运行的主机间的通信。

1973 年, DARPA 开始研发 TCP/IP 协议簇。这个新的协议簇允许不同类型的计算机可以在网络中互联, 并且互相通信。

1974 年, Internet 名词首次在传输控制协议的文档中使用。

1976 年, Robert M. Metcalfe 博士发明了使用同轴电缆高速传输数据的以太网。这对于局域网的发展是一项关键技术。然后, 信息包卫星计划实际应用于大西洋的信息包卫星网络, 这就是 SATNET, 它将美国和欧洲连接在一起。但令人感到奇怪的是, 它使用由各国财团拥有的国际通信卫星组织的卫星, 而不完全是美国政府拥有的卫星。SATNET 是在 AT&T 贝尔实验室开发的。后来, AT&T 贝尔实验室还发布了著名的 UNIX 操作系统。同年, 美国国防部开始对 TCP/IP 进行实验, 并很快决定将其应用于阿帕网。

1979 年, 北卡罗莱纳州大学的一名研究生和其他程序员一起开发了新闻组 (USENET), 它通常应用于电子邮件和讨论组。

1981 年, 美国国家基金会为无法访问 ARPANET 的机构创建了一个 56kbit/s 的骨干网络, 叫做 CSNET, 并计划在 CSNET 和 ARPANET 之间建立连接。

1983 年, 因特网架构委员会 (IAB) 成立。从 1983 年 1 月 1 日起, 每台连接到 ARPANET 的计算机都必须支持 TCP/IP。NCP 被彻底取代, TCP/IP 成为核心的 Internet 协议。威斯康星大学创建了域名系统 (DNS), 这样数据包就可以被传送到指定的域名 (原来只能根据 IP 地址进行数据传输), 服务器数据库会将域名转换为 IP 地址。这样, 人们就可以方便地使用名称来访问服务器, 不再需要记住枯燥的 IP 地址了。

1984 年, 阿帕网被拆分成两个网络, 即阿帕网和军用网络 (MILNET), 美国国防部继续对这两个网络提供支持。阿帕网用于支持高级科研工作, 而军用网络则为军方需求提供服务。MCI 公司被授权采用 T1 线路对 CSNET 进行升级。T1 线路的带宽为 1.5Mbit/s, 比原来的 56kbit/s 线路快了很多。IBM 提供了当时最先进的路由器来管理网络。新的网络 (指针对 CSNET 升级后的网络) 被称为 NSFNET (国家科学基金会网络)。

1985 年, 美国国家科学基金会开始部署新的 T1 线路, 并于 1988 年完成。

1986 年, 互联网工程任务组 (IETF) 成立, 这是松散的、自律的、志愿的民间学术组织, 其主要任务是负责互联网相关技术规范的研发和制定。

1988 年, 在美国国家科学基金会网络完成 T1 线路改造后, 网络流量迅速增长, 因此他们决定再次对网络进行升级。1990 年, IBM、Merit 和 MCI 公司联合成立了一个非赢利公司 ANS, 致力于研究高速网络, 并很快就研发出了支持带宽为 45Mbit/s 的 T3 线路。美国国家科学基金会立即将 T3 线路应用于它的所有站点。此时, 美国国防部已经解散了阿帕网, 取而代之的是国家科学基金会网络 (NSFNET)。

1991 年, 由 56kbit/s 线路组成的 CSNET 被停止使用。美国国家科学基金会建立了一个新的网络, 叫作国家研究和教育网 (NREN)。这个网络的目的是进行高速网络的研究, 它并不被用于商业用途, 也不被用来传输大量的数据。

1992 年, 互联网学会成立。欧洲核子研究组织 (CERN) 发布了万维网 (World Wide Web) 的概念, 并研发了早期的浏览器。

1993 年, 美国国家科学基金会创建了国际互网络信息中心 (InterNIC), 为 Internet 提供服务, 包括目录和数据库服务、注册服务和信息服务。

上面介绍的都是 Internet 在国际上的发展和应用。事实上, 在这段时间里, Internet 在国内的应用很少, 只是从 20 世纪 80 年代中后期开始在一些高校和科研机构中初步建立了一些网络, 具有代表性的是中关村地区教育与科研示范网络 (NCFC), 它由中国科学院主持, 联合北京大学和清华大学共同实施, 该项目于 1989 年 11 月正式启动。

1992 年 12 月, 清华大学校园网 (TUNET) 建成并投入使用, 这是中国第一个采用 TCP/IP 体系结构的校园网。

1993 年 3 月, 中国科学院高能物理研究所接入美国斯坦福线性加速器中心 (SLAC) 的 64kbit/s 专线正式开通。这条专线是中国部分接入 Internet 的第一根专线。

1993 年 11 月, NCFC 主干网网络开通并投入运行, 并于 1994 年 4 月与美国的 Internet 互联成功, 成为我国最早的国际互网络。

1995 年 1 月, 原邮电部电信总局分别在北京、上海开通 64kbit/s 专线, 开始向社会提供 Internet 接入服务, 中国互联网进入商用化阶段。

在接下来的十几年间, Internet 的网络规模不断地发展和壮大, 数以亿计的计算机连接到 Internet。与此同时, 互联网上的应用也越来越丰富, 除了传统意义上的上网查询资料、发送电子邮件外, 即时通信、网上交易、网上银行、网上教育、网上招聘、网络多媒体等技术异军突起, 从根本上改变了人们的工作和生活方式, 也为社会创造了无限的商机。

短短几十年间, Internet 从高高在上的军方专利技术发展成为全民普及的大众化商业产品, 并推动了信息技术的迅猛发展和应用。经过本节简单介绍, 读者在了解 Internet 发展史的同时, 还可以初步接触一些 Internet 中常用的技术和概念。

1.1.2 Internet 的管理机构

Internet 技术标准中定义了互网络中各主机之间相互通信时所遵循的开放协议和过程。制定 Internet 标准的并不是某个政府组织, 而是一个自发的、管理松散的国际合作组织。实际上没有任何组织或政府拥有和控制 Internet, 但有一些独立的管理机构对 Internet 进行管理, 包括制定标准和提供各种服务。在阅读 Internet 标准的相关文档时经常会接触到这些组织, 本小节对主要的 Internet 管理机构及其职能进行简单的介绍。

1. Internet 协会

Internet 协会 (Internet Society, ISOC) 创立于 1992 年, 是最权威的 Internet 全球协调和合作的国际化组织。它由 Internet 专业人员和专家组成, 致力于调整 Internet 的生存能力和规模。它的重要任务是与其他组织合作, 共同完成 Internet 标准与协议的制定。

该组织的首页如下。

<http://www.isoc.org/>

2. Internet 体系结构委员会

Internet 体系结构委员会 (Internet Architecture Board, IAB) 是 Internet 协会的一个技术顾问组, 它负责控制所有 Internet 协议 (即通常所称的 TCP/IP 协议簇) 的发布工作, 并监督 Internet

体系结构的发展。Internet 体系结构委员会下辖两个工作组，即 Internet 研究专门工作组（Internet Research Task Force, IRTF）和 Internet 工程任务组（Internet Engineering Task Force, IETF）。

IRTF 的主要职能是通过建立许多集中的、长期的小型研究小组来促进对未来互联网发展的重要研究。研究方向包括互联网协议、应用、架构和技术等相关领域。

IETF 的主要职能是负责互联网相关技术规范的研发和制定。IETF 制定的文件分为两种，一种是 Internet 草案（Internet Draft），另一种是 RFC。RFC 的全称是 Request For Comments，即意见征求书，但现在它的名字实际上和它的内容并不一致。RFC 是一系列以编号排定的文件，其中收集了有关 Internet 的信息，以及 UNIX 和 Internet 社群的软件文件，基本的 Internet 通信协议在 RFC 文件内都有详细说明。一般而言，RFC 被批准发布后，其内容作为协议的标准都不会再做改变。

3. Internet 工程指导小组

Internet 工程指导小组（Internet Engineering Steering Group, IESG）负责 IETF 活动和标准制定程序的技术管理工作，核准或纠正 IETF 各工作组的研究成果，有对工作组的设立终结权，确保非工作组草案在成为 RFC 时的准确性，并根据 ISOC 理事会批准的规定和程序对标准的制定过程进行管理。

4. Internet 数字分配机构

Internet 数字分配机构（Internet Assigned Numbers Authority, IANA）是负责协调 Internet 正常运作的机构，主要职责是分配和维护在 Internet 技术标准中的唯一编码和数值系统，需要分配的 Internet 资源如下。

- 域名：包括 DNS 域名根和.int, .arpa 域名以及 IDN（国际化域名）资源；
- 数字资源：包括全球的 IP 和 AS（自治系统）号，并将它们提供给各区域 Internet 注册机构；
- 协议分配：与各标准化组织一同管理协议编号系统。

5. Internet 网络信息中心

Internet 网络信息中心（Internet Network Information Center, InterNIC）负责向全体互联网网络用户提供服务，其网址如下。

<http://www.internic.net>

该网站主要用于提供互联网域名登记服务的公开信息。

6. 中国互联网络信息中心

中国互联网络信息中心（China Internet Network Information Center, CNNIC）是经国家主管部门批准，于 1997 年 6 月 3 日组建的管理和服务机构，负责管理、维护中国互联网地址系统，引领中国互联网地址行业发展，发布中国互联网权威统计信息，代表中国参与国际互联网社群。

1.1.3 国内 Internet 网络建设的现状

根据中国互联网络信息中心（CNNIC）的测算，截至 2014 年 6 月 30 日，我国网民数量已达到 6.32 亿人。

而作为 Internet 应用和普及的另一项重要指标，截至 2014 年 6 月 30 日，我国域名总数为 1915 万个。

据统计，截至 2012 年 6 月中国网民在即时通信、搜索引擎和网络音乐上使用率较高，均在 50%以上。商务交易类使用仍然处于较低的水平，其中网络购物普及率为 26%。网络应用的使用率排名情况如表 1.1 所示。

表 1.1 截至 2012 年 6 月中国网络应用的使用率排名情况统计

排 名	应 用	普 及 率
1	即时通信	80.9%
2	搜索引擎	79.4%
3	网络音乐	75.2%
4	网络新闻	71.5%
5	网络视频	63.4%
6	网络游戏	63.2%
7	博客/个人空间	62.1%
8	微博	48.7%
9	电子邮件	47.9%
10	社交网络	47.6%
11	网络文学	39.5%
12	网络购物	37.8%
13	网上支付	32.5%
14	网上银行	32.4%
15	论坛/BBS	28.2%
16	团购	12.6%
17	旅行预订	8.2%
18	网络炒股	7.8%

随着需求的不断增加,我国在 Internet 网络建设方面的投入也在逐年加大。从 2013 年 12 月开始,中国进入真正的 4G 时代,4G 网络、终端、业务等基本就绪。这不仅会带动我国移动互联网用户的持续增长,更重要的是给不同的互联网应用带来新的发展机遇。

1.2 网络通信模型和协议簇

Internet 可以把世界上各种类型、品牌的硬件和软件集成在一起,实现互联和通信。如果没有统一的标准协议和接口,这一点是根本无法做到的。为了推动 Internet 的发展和普及,标准化组织制定了各种网络模型和标准协议,本节将介绍通用的 OSI 参考模型和 TCP/IP 层次模型。了解这些网络模型和通信协议的基本工作原理是管理和配置网络、开发网络应用程序的基础。

1.2.1 OSI 参考模型

ISO (International Organization for Standardization, 国际标准化组织) 是一个全球性的非政府组织,是国际标准化领域中一个十分重要的机构。为了使不同品牌、操作系统的网络设备(主机)能够在网络中相互通信,ISO 于 1981 年制定了“开放系统互联参考模型”,即 Open System Interconnection Reference Model,简称为 OSI 参考模型。

OSI 参考模型将网络通信的工作划分为 7 个层次,由低到高分别为物理层 (Physical Layer)、

数据链路层 (Data Link Layer)、网络层 (Network Layer)、传输层 (Transport Layer)、会话层 (Session Layer)、表示层 (Presentation Layer) 和应用层 (Application Layer), 如图 1.1 所示。

物理层、数据链路层和网络层属于 OSI 参考模型中的低 3 层, 负责创建网络通信连接的链路; 其他 4 层负责端到端的数据通信。每一层都完成特定的功能, 并为其上层提供服务。

在网络通信中, 发送端自上而下地使用 OSI 参考模型, 对应用程序要发送的信息进行逐层打包, 直至在物理层将其发送到网络中; 而接收端则自下而上地使用 OSI 参考模型, 将收到的物理数据逐层解析, 最后将得到的数据传送给应用程序, 其具体过程如图 1.2 所示。

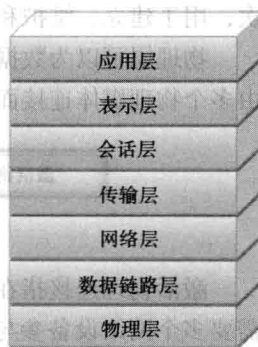


图 1.1 OSI 参考模型

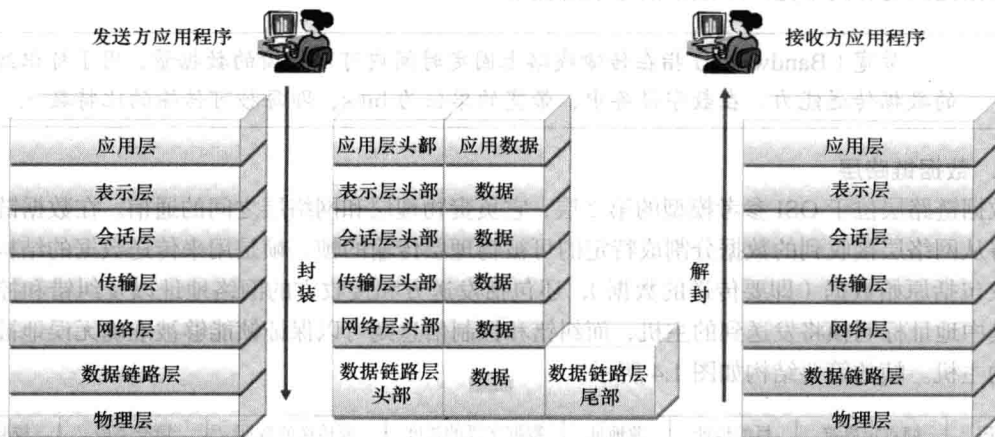


图 1.2 OSI 参考模型的通信过程

当然, 并不是所有的网络通信都需要经过 OSI 模型的全部 7 层。例如, 同一网段的 2 层交换机之间通信只需要经过数据链路层和物理层, 而路由器之间的连接则只需要网络层、数据链路层和物理层。在发送方封装数据的过程中, 每一层都会为数据包加上一个头部; 在接收方解封数据时, 又会逐层解析掉这个头部。因此, 双方的通信必须在对等层次上进行, 否则接收方将无法正确地解析数据。

在 OSI 参考模型中, 对等层协议之间交换的信息单元统称为协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU)。而在传输层及其下面各层中, PDU 还有各自特定的名称, 具体如表 1.2 所示。

表 1.2

PDU 在 OSI 参考模型中的特定名称

OSI 参考模型中的层次	PDU 的特定名称
传输层	数据段 (Segment)
网络层	数据包 (Packet)
数据链路层	数据帧 (Frame)
物理层	比特 (Bit)

下面对 OSI 参考模型中的 7 层结构进行详细的介绍。

1. 物理层

顾名思义, 物理层就是用于定义网络通信中通信设备的机械、电气、功能和规程等特性的层

次, 用于建立、维护和拆除物理链路的连接。

物理层可以为数据端设备提供传送数据的物理通路。物理通路可以是一个物理媒体, 也可以由多个物理媒体连接而成。一次完整的物理层数据传输过程如图 1.3 所示。

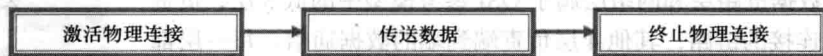


图 1.3 完整的物理层数据传输过程

激活物理连接指在两个通信设备之间建立起一条通路, 可能是通过网线直接相连的, 也可能需要多个网络设备参与。

在传送数据的过程中, 一方面要保证数据可以在物理连接上正确地通过, 另一方面还需要为传送数据提供足够的带宽, 以减少信道上的拥塞。



带宽 (Bandwidth) 指在传输线路上固定时间内可以传输的数据量, 用于标识线路的数据传送能力。在数字设备中, 带宽的单位为 bit/s, 即每秒可传输的比特数。

2. 数据链路层

数据链路层位于 OSI 参考模型的第 2 层, 它负责物理层和网络层之间的通信。在数据链路层中, 将从网络层接收到的数据分割成特定的可被物理层传输的帧。帧是用来传送数据的结构包, 它不仅包括原始数据 (即要传送的数据), 还包括发送方和接收方的网络地址以及纠错和控制信息。其中地址标明帧将发送到的主机, 而纠错和控制信息则可以保证帧能够被准确无误地被传送到目的主机。帧的简要结构如图 1.4 所示。

前导码 (7 字节)	帧首定界符 (1 字节)	目的地址 (6 字节)	源地址 (6 字节)	数据字段的长度 (2 字节)	要传送的数据 (0~100 字节)	填充字段 (0~46 字节)	校验和 (4 字节)
---------------	-----------------	----------------	---------------	-------------------	----------------------	-------------------	---------------

图 1.4 帧的简要结构

每个字段的说明如下。

- 前导码: 内容是十六进制数 0xAA, 作用是使接收节点进行同步并做好接收数据帧的准备。
- 帧首定界符: 是 10101011 的二进制序列, 标识帧的开始, 以使接收器对实际帧的第一位定位。
- 目的地址和源地址: 即发送和接收数据的两端主机的 MAC 地址。目的地址可以是单地址、组播地址和广播地址。
 - 数据字段的长度: 指定要传送数据的长度, 以便接收方对数据进行处理。
 - 要传送的数据: 顾名思义, 就是从源地址发送到目的地址的原始数据。
 - 填充字段: 有效帧从目的地址到校验和字段的最短长度为 64 字节, 其中固定字段的长度为 18 字节。如果数据字段长度小于 46 字节时, 就使用本字段来填充。
 - 校验和: 使用 32 位 CRC 校验, 用于对传送数据进行校验。

数据链路层的主要功能如下。

(1) 通信链路的建立、拆除和分离。当网络中的两个结点要进行通信时, 发送方必须确认接收方是否已处在准备接受的状态。为此通信双方必须先要交换一些必要的信息, 以建立一条基本的数据链路。在传输数据时要维持数据链路, 而在通信完毕时要释放数据链路。

(2) 对要传送的帧进行定界和同步, 并对帧的收发顺序进行控制。

(3) 寻址。即在数据链路层根据目的地址找到对应主机的方法，同时接收方也必须知道数据的发送方主机地址。

(4) 对信道上的数据差错进行检测和恢复。

(5) 流量控制。数据的发送与接收必须遵循一定的传送速率规则，可以使得接收方能及时地接收发送方发送的数据，并且当接收方来不及接收时，必须及时控制发送方数据的发送速率，使两方面的速率基本匹配。

数据链路层中常用的协议和技术包括局域网中的以太网 (Ethernet) 技术、点到点协议 (PPP)、高级数据链路控制协议 (High-Level Data Link Control, HDLC)、高级数据通信控制协议 (Advanced Data Communications Control Protocol, ADCCP) 等。

如果说这些协议和技术离我们的日常应用似乎比较远的话，那么与数据链路层相关的最为大家所熟知的两个概念就是 MAC 地址和网卡。网卡也称为网络适配器 (Network Adapter) 或者网络接口卡 (NIC)，每台连接到网络中的计算机都必须安装网卡。网卡和局域网之间的通信是通过电缆或双绞线以串行传输方式进行的。每个网卡都唯一对应一个 MAC (Media Access Control, 介质访问控制) 地址，其用来标识网卡的通信地址。

在 Windows 命令窗口中执行下面的命令，可以查看到网卡和 MAC 地址信息。

```
Ipconfig /all
```

运行结果如图 1.5 所示。

MAC 地址由 6 字节 (即 48 位) 十六进制数组成。在以字符串格式表现时，每个字节之间通常使用“-”或“:”分隔，例如，下面都是有效的 MAC 地址。

```
00-16-D3-BD-6C-29
00:16:D3:BD:6C:29
```

```

管理员: 命令提示符
C:\Users\Administrator>ipconfig /all

Windows IP 配置

主机的名称 . . . . . : LEE-THINKPAD
主 DNS 后缀 . . . . . : 
节号类型 . . . . . : 混合
IP 路由已启用 . . . . . : 否
DNS 代理已启用 . . . . . : 否

以太网适配器 本地连接:

   连接特定的 DNS 后缀 . . . . . : 
   描述 . . . . . : Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet
   物理地址 . . . . . : 00-16-D3-BD-6C-29
   DHCP 已启用 . . . . . : 是
   自动配置已启用 . . . . . : 是
   IPv4 地址 . . . . . : fe80::c03b:1281:3b09a5dcB210X(盲选)
   子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
   默认网关 . . . . . : 192.168.5.254
   DHCPv6 本地 . . . . . : 251664083
   DHCPv6 客户端 DUID . . . . . : 00-01-00-01-12-29-C6-01-00-16-D3-BD-6C-29
   半双工 . . . . . : 否
   服务器 . . . . . : 202.106.0.28
  
```

图 1.5 查看本地计算机的网卡和 MAC 地址信息

MAC 地址通常由网卡的生产厂家在制造网卡时烧制在芯片中，因此相对固定一些。虽然有些网卡允许用户修改 MAC 地址，但这种情况并不多见。因此，从理论上讲，MAC 地址是全球唯一的。很多网络管理软件中使用 MAC 地址作为设备的唯一标识，因为 IP 地址和设备名称都是很容易被改变的。



3. 网络层

网络层位于 OSI 协议参考模型的第 3 层，它的主要功能如下。