

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



Windows

网络编程基础教程

杨传栋 张焕远 编著



清华大学出版社

21世纪高等学

计算机科学与技术

Windows 网络编程基础教程

杨传栋 张焕远 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍使用 Visual C++ 基于 Windows Socket 开发网络应用程序的方法。全书共分 9 章。第 1 章介绍计算机网络的基本工作原理、网络程序的工作模式、编程方法等内容；第 2 章介绍使用 Visual C++ 2010 开发 Windows 应用程序的方法；第 3~8 章由易到难逐步介绍流式套接字、数据报套接字以及原始套接字的编程方法和相关的 Windows 编程知识，并对网络通信中的多线程编程、I/O 模型以及 IP 分组的捕获分析等内容进行深入讲解；第 9 章介绍 MFC 提供的两个 WinSock 类——CAsyncSocket 类和 CSocket 类的使用方法。

本书主要供普通高校计算机类专业的大学本科生使用，也可供对网络编程感兴趣的各类人员自学使用。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Windows 网络编程基础教程/杨传栋,张焕远编著. —北京:清华大学出版社,2015

21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术

ISBN 978-7-302-40362-3

I. ①W… II. ①杨… ②张… 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(2015)第 114474 号

责任编辑:付弘宇 李 晔

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:20.5

字 数:514 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

产品编号:061632-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup. tsinghua. edu. cn

随着计算机网络技术的飞速发展,以 TCP/IP 网络技术为核心的因特网已成为支撑现代社会运行的基础设施之一,深入理解网络工作原理、了解网络协议工作细节、具有扎实的高层次网络应用开发能力已逐渐成为 IT 从业者的基本要求。

然而,由于计算机网络技术复杂而抽象,在高校计算机类专业的人才培养中,单靠“计算机网络”一门课程的理论教学及相应的协议分析及组网实验,很难使学生真正理解掌握网络技术并具备开发以 TCP/IP 为基础的网络应用程序的能力。为此,很多高校的计算机类专业都开设了“TCP/IP 套接字(socket)网络编程”课程,实践证明,将本课程与网络原理教学有机结合起来,不仅可以加深学生对网络原理及实现方法的理解,还可以使学生掌握网络编程的基本方法,逐步提高网络软件开发能力,培养学生的创新精神和自学能力。

本书是作者在长期从事“计算机网络”和“网络编程”两门课程教学的经验基础之上,以作者自己编写的“网络编程”课程讲义为基础,不断完善改进而成的。本书以 Visual Studio 2010 为平台,通过大量实例,全面系统地介绍基于 WinSock 进行网络编程的基本原理、基本方法和必需的知识。学习本书内容之前,要求读者已学过 C++ 语言程序设计,熟悉面向对象程序设计的概念和方法。

本书在内容组织方面,除 WinSock 网络编程本身的原理和方法以及必要的计算机网络知识外,还有较大的篇幅用于讲解 Windows 编程的基本知识。这是因为目前多数应用型本科的教学都采用了“3+1 模式”(前 3 年完成理论知识教学,最后 1 年集中实习实践),导致很多专业课的安排被提前,本课程一般被安排在第五学期甚至是第四学期学习,此时,大多数学生几乎还不具备 Windows 程序开发的任何知识和经验,程序编写能力不足。根据作者经验,在讲解 WinSock 编程的同时,详尽地讲解相关的 Windows 编程的知识和方法,对降低学生学习难度、提高学习兴趣是很有帮助的。

全书共分 9 章,第 1 章主要介绍计算机网络的基本概念和基本工作原理,以及网络程序的工作模式和编程方法等;第 2 章介绍使用 Visual C++ 2010 开发 Windows 应用程序的方法以及有关概念和基本原理,为后续各章的实例开发打好基础;第 3~8 章由易到难逐步介绍流式套接字、数据报套接字以及原始套接字的编程方法和相关的 Windows 编程知识,并对网络通信中的多线程编程、I/O 模型以及 IP 分组的捕获分析等内容进行深入讲解;第 9 章介绍 MFC 提供的两个 WinSock 类——CAsyncSocket 类和 CSocket 类的使用方法。

本书系统性强,内容丰富、结构清晰、论述严谨,既突出基本原理和技术思想的讲解,也强调工程实践,适合作为网络工程、计算机科学与技术等计算机类专业的本科生教材,也可供对网络编程感兴趣的读者参考学习。

本书除两位署名作者外,李文杰老师和高葵老师也参加了本书部分编写工作,其中李文杰老师编写了本书的第 2 章,高葵老师编写了本书第 5 章。另外,感谢山东农业大学计算机

系的各位老师对本书的支持。

限于作者的水平和经验,错误与不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

本书的 PPT 课件及源代码等配套资源可以从清华大学出版社网站 www.tup.com.cn 下载,本书与资源下载的相关问题请联系 fuhy@tup.tsinghua.edu.cn。

作者

2015 年 2 月

目 录

第 1 章 计算机网络基础知识	1
1.1 计算机网络的概念与原理	1
1.1.1 计算机网络的基本概念.....	1
1.1.2 典型的计算机网络——以太网.....	4
1.1.3 广域网与分组交换技术.....	7
1.1.4 网络互联.....	9
1.1.5 计算机网络体系结构	11
1.2 IP 协议	15
1.2.1 IP 地址	15
1.2.2 IPv4 的分组结构	16
1.2.3 路由与路由器	17
1.2.4 主机的路由表及 IP 分组的发送过程.....	18
1.2.5 ARP 协议	20
1.3 TCP 与 UDP	21
1.3.1 端口号与网络进程地址	21
1.3.2 TCP 协议	23
1.3.3 UDP 协议	25
1.4 网络应用编程接口——套接字.....	26
1.4.1 套接字编程接口的起源与发展	26
1.4.2 套接字的含义与分类	27
1.4.3 套接字接口的位置及实现方式	27
1.5 网络应用程序的结构模型.....	28
1.6 网络编程的不同层次.....	31
习题	31
第 2 章 简单的 Windows 程序设计	35
2.1 Visual C++2010 概述	35
2.2 Visual C++的数据类型	38
2.3 Unicode 字符集	40
2.4 对话框应用程序.....	43
2.4.1 对话框应用程序的创建	43
2.4.2 Visual C++2010 开发环境	47

2.4.3	MFC 对话框应用程序结构	48
2.4.4	设置对话框的属性	49
2.5	Windows 控件	50
2.5.1	创建控件	50
2.5.2	常用控件	51
2.6	Windows 的消息驱动机制与消息映射	57
2.6.1	Windows 的消息驱动机制	57
2.6.2	消息映射	58
2.7	使用控件变量访问控制控件	60
2.8	添加用户自定义消息	63
2.9	MFC 的文件操作	65
2.9.1	CFile 类	65
2.9.2	CFileDialog 类	70
	习题	73
	实验 1 创建对话框应用程序及控件使用	74
第 3 章	WinSock 编程初步	76
3.1	WinSock API 函数	76
3.2	WinSock 开发组件和运行组件	77
3.3	WinSock 的网络地址表示	80
3.3.1	地址结构	80
3.3.2	地址转换函数	82
3.4	WinSock 的错误处理	83
3.5	网络字节顺序	84
3.6	网络配置信息查询	88
3.6.1	主机名字与 IP 地址查询	88
3.6.2	服务查询	91
3.6.3	协议查询	92
3.6.4	异步信息查询函数及其编程方法	94
	习题	102
	实验 2 查询主机网络配置信息	103
第 4 章	TCP 程序设计	105
4.1	简单的 TCP 程序设计	105
4.1.1	TCP 客户端和服务端端的交互过程	105
4.1.2	一个简单的 TCP 通信程序	114
4.2	获取与套接字关联地址	119
4.3	数据发送和接收的过程	120
4.3.1	发送缓冲区与接收缓冲区	120

4.3.2	send 函数的工作过程	121
4.3.3	recv() 函数的工作过程	123
4.4	数据传输格式	124
4.5	实例：文件传输程序设计	126
4.5.1	简单的文件传输	126
4.5.2	文件的断点续传	135
4.5.3	文件的分片传输与多点下载	142
	习题	143
	实验 3 使用流式套接字传输数据	143
第 5 章	Visual C++ 中的多线程编程	146
5.1	进程和线程	146
5.1.1	进程和线程	146
5.1.2	线程的概念	147
5.1.3	进程与线程的差别	148
5.2	VC++ 中的多线程编程	148
5.2.1	使用 Win32 SDK 函数实现多线程	149
5.2.2	C++ 运行库中的多线程函数	154
5.2.3	使用 MFC 类库	156
5.3	TCP 服务器端程序的多线程编程	159
5.4	线程间的通信	164
5.5	线程的互斥与同步	168
5.5.1	互斥	168
5.5.2	线程的同步	172
5.6	主监控线程和线程池	174
	习题	174
	实验 4 TCP 服务器端的多线程编程	176
第 6 章	WinSock 的 I/O 模型	178
6.1	套接字的非阻塞工作模式	178
6.1.1	阻塞与非阻塞模式的概念	178
6.1.2	套接字非阻塞模式的设置方法	179
6.1.3	套接字非阻塞模式下的编程方法	180
6.2	Select 模型	186
6.2.1	Select 模型的工作机制	186
6.2.2	使用 Select 模型编程的方法	188
6.3	WSAAsyncSelect 模型	192
6.3.1	WSAAsyncSelect() 函数	192
6.3.2	WSAAsyncSelect 模型的编程方法	196

6.4	WSAEventSelect 模型	201
6.4.1	WinSock 中的事件对象函数	201
6.4.2	WSAEventSelect 模型的函数	203
6.4.3	WSAEventSelect 模型的编程方法	205
6.5	重叠 I/O 模型	211
6.5.1	重叠 I/O 的概念	211
6.5.2	重叠 I/O 模型的程序流程	215
6.6	完成端口模型	217
6.6.1	实现完成端口模型的流程	218
6.6.2	工作线程的主要任务	220
6.6.3	关闭阻塞的工作线程	221
	习题	222
	实验 5 WinSock 的 I/O 模型	222
第 7 章	UDP 程序设计	224
7.1	数据报套接字编程的基本方法	224
7.1.1	客户/服务器模式	224
7.1.2	常用的数据收发函数——sendto()与 recvfrom()	226
7.1.3	对等模式	231
7.1.4	使用 WSAAsyncSelect 模型	235
7.1.5	WSASendTo()函数与 WSARcvFrom()函数	238
7.2	广播程序设计	240
7.2.1	套接字选项与 setsockopt()函数	240
7.2.2	广播数据的发送与接收	243
7.2.3	广播程序流程	244
	习题	248
	实验 6 数据报套接字编程	249
第 8 章	原始套接字编程	251
8.1	原始套接字及其功能	251
8.2	原始套接字的通信流程	252
8.2.1	创建原始套接字	253
8.2.2	使用原始套接字发送和接收数据	254
8.3	收发 ICMP 数据包	255
8.4	发送自定义的 IP 分组	271
8.5	捕获 IP 数据包	275
	习题	283

第 9 章 使用 MFC 的 WinSock 类编程	284
9.1 CAsyncSocket 类	284
9.1.1 CAsyncSocket 对象	284
9.1.2 CAsyncSocket 类的使用	290
9.2 CSocket 类	295
9.2.1 CSocket 类概述	295
9.2.2 CArchive 类与对象串行化	297
9.2.3 CSocketFile 类	301
9.2.4 使用 CSocket 及串行化方法编写网络程序	303
习题	310
附录 常见的 WinSock 错误代码	312
参考文献	316

第 1 章

计算机网络基础知识

本章主要介绍编写网络程序所必需的一些有关计算机网络的基本概念和基本知识,是编写网络应用程序的基础。

1.1 计算机网络的概念与原理

1.1.1 计算机网络的基本概念

计算机网络是一个由多台计算机组成的系统,网络中的每台计算机都是能独立工作的,而且互不从属、互不干涉,它们通过通信线路和通信设备相互连接起来,并配置适当的网络软件,可以实现相互之间的数据通信和资源共享。

计算机网络上传输的数据是以**分组(packet)**为单位的,分组实际就是一个由二进制字节构成的序列。在这个二进制字节序列中,最重要的部分是用户数据,用户数据是指应用程序需要通过网络进行传输的数据。除用户数据外,分组中还包括一些控制信息,这些控制信息是为了能正确传输分组而提供给网络使用的。控制信息一般被按固定的结构组织在一起,并添加在用户数据的前面随数据一起传输,通常被称为**分组首部**。分组首部的组织结构再加上其后的用户数据就是所谓的**分组结构(也称分组格式)**。

如何规定一个网络的分组结构是**网络协议**的一个重要部分。所谓网络协议,就是指通信双方在通信时所必须遵循的用于控制数据传输的规则、标准和约定,是通信双方所使用的“语言”,它规定了有关功能部件在通信过程中的操作,定义了数据发送和数据接收的过程。

一般来说,一个网络协议包括三方面内容。第一方面是“语法”,主要是指数据以及控制信息的结构或格式,即前面所说的分组结构,但在网络中最低层的与物理线路和信号有关的协议中,语法是指数据编码、信号电平等;第二方面内容是“语义”,它是指对构成协议的协议元素含义的具体解释;第三方面是“同步”,同步也称为“时序”,它规定了通信过程中各种事件的先后顺序。网络协议的概念比较抽象,需要结合后续内容逐渐理解。

1. 网络分类

计算机网络的分类方式有多种,最常见的一种是按照网络覆盖的地域范围的大小分类,这时计算机网络可分为广域网(Wide Area Network, WAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)、局域网(Local Area Network, LAN)等类型。

- 广域网也称为远程网,它所覆盖的地理范围从几百千米到几千千米,覆盖一个国家、地区,甚至横跨几个洲。
- 城域网的覆盖范围为十几千米到上百千米,其目标是要满足所覆盖范围内的大量企业、机关、公司等的一个或多个局域网的互连,用以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等多种信息的传输。
- 局域网用于将较小范围内(如一个实验室、一幢大楼、一个校园)的各种计算机与外部设备互连成网,覆盖范围通常从几十米到几千米。

另一种常见的网络分类方式就是按照连接计算机的通信介质分类,可分为无线网络和有线网络。不管是有线介质还是无线介质,通信线路就是为计算机之间提供一个信息传递的通道,即信道。

2. 点到点信道与广播信道

在计算机网络中,根据计算机与信道的连接方式,可把信道分成两种:一种只能在一条信道的两端连接计算机或通信设备,称为点到点信道;另一种则可以在一条信道上连接多台计算机或设备,称为广播信道。

在由点到点信道组成的计算机网络中,除了联网的计算机和信道以外,还有一种被称为交换机的设备,用于在多条信道之间转发数据。一台交换机通常有很多个网络接口,每个接口可连接一条点到点信道的一端。由交换机组成的通信网络被称为交换网络。如图 1.1(a)所示。在交换网络中,一台计算机给另一台计算机发送的信息,往往要经过网络中的多台交换机转发才能到达。广域网一般都是点到点信道组成的交换网络。

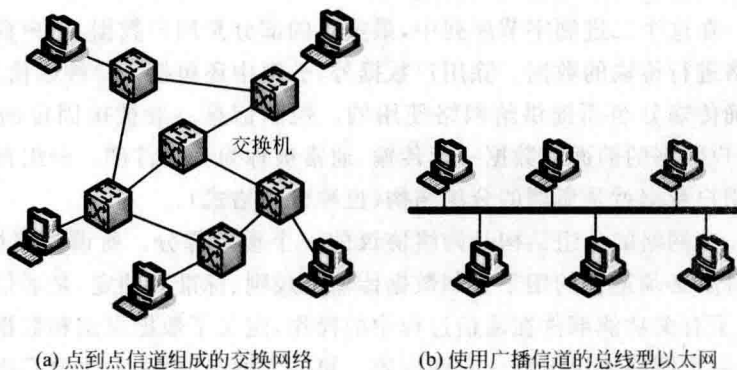


图 1.1 不同信道组成的网络

在由广播信道组成的网络中,多台计算机被连接到同一条信道上,但由于信道上同时只能传送一台计算机发送的信号,因此当有两台或两台以上的计算机都要发送信息时就会出现冲突。为了避免冲突,需要使用复杂的控制机制来决定网络中的哪台计算机可以向信道中发送数据,这种控制机制被称为信道的**多点访问协议**(Multiple Access Protocol, MAP)。

广播信道通常在覆盖范围较小的局域网中使用,典型例子是早期的采用总线结构组网的以太网,以及现在常见的 Wi-Fi 无线网络。图 1.1(b)是一个总线型以太网的示意图。

不管是点到点信道组成的交换网络还是由广播信道组成的网络中,一台计算机都可以选择同时向网络中的所有计算机发送信息,也可以选择向网络中的某一计算机发送数据,

前者称为广播,后者称为单播。

3. MAC 地址与帧结构

为了区分网络上的不同计算机,通常需要事先为每台计算机分配一个由若干二进制位组成的编号,该编号就是通常所说的物理地址或 MAC(Medium Access Control)地址,有时也称硬件地址。物理地址由网络设备厂商在制造设备时分配并固化在设备中,一般情况下不需要用户设置。

在信道上直接传输的是以电信号方式表示的二进制数据,为了便于对这些二进制数据进行管理控制,信道两端的数据收发部件在进行数据收发时,都是以帧为单位进行的。帧实际就是在物理信道上传输的数据分组的另一种叫法。一个帧通常包括目的地址、源地址、数据、校验码等几个部分。对同一种网络,帧的各部分的相对位置都是固定不变的,各部分的长度,除了数据部分外,通常也是固定不变的,这就是所谓的帧结构。

图 1.2 是与以太网帧的结构示意图。其中,目的地址字段指明要接收该帧的计算机的 MAC 地址。如果是一个广播帧,即该帧是广播给网络中的所有计算机的,目的地址应指明为广播地址。广播地址是一个特殊的地址,它不能被分配给任何一个主机,通常规定各二进制位全为 1 的地址为广播地址。源地址字段用于指明发送该帧的计算机的 MAC 地址。通过源地址,收到该帧的计算机就会知道是哪台计算机发送了该帧。



图 1.2 以太网帧结构

数据字段,也被称为用户数据,这部分二进制数据就是网络真正要传送的内容,至于这些二进制数据的含义和用处,跟计算机网络是无关的。

类型字段有两种含义,主要用于指明接收端对数据部分的处理方式,也就是说,接收端收到数据后,如果经过检验没发现错误,帧中的数据应该交给哪个程序处理。

校验码则是提供给接收方用来检查数据在传输过程中是否出错的,它由发送方根据帧的其他部分的内容使用某种算法计算得到,接收方收到帧后用相同的算法对相同部分的数据再计算一遍,得到的结果如果跟校验码相同,则说明传输中数据没出错。至于校验码的计算方法及原理,由于篇幅所限就不再进一步解释了。

计算机在发送数据时,首先要按照帧的格式有求,将数据封装成帧后再将帧发送到信道上。所谓封装成帧就是在数据前添加上由目的地址和源地址等字段构成的帧的首部,在数据后面添加上由计算得到校验码等构成的帧的尾部。

在由广播信道组成的网络中,网络上的每一台计算机都能收到其他计算机发送的帧,但只接收目的地址与自己的 MAC 地址相同,或者目的地址是广播地址的帧。

在交换网络中,交换机内部都有一个用于记录从哪一个端口出去能到达哪一台计算机的转发表。交换机在每收到一个帧时,都要检查该帧的目的地址,如果不是一个广播地址,交换机就通过查找转发表发现,该帧用应该从哪个接口转发出去。如果是广播地址,则将该帧向除收到该帧的那个接口外的所有接口都转发一个该帧的副本。

1.1.2 典型的计算机网络——以太网

以太网是美国施乐(Xerox)公司1975年研制成功的世界上第一种局域网技术。IEEE的802委员会于1983年制定了第一个IEEE的以太网标准,其编号为802.3。除了以太网技术外,20世纪80年代还相继出现了其他一些局域网技术,比较典型的包括令牌总线(Token Bus)网和令牌环(Token Ring)网等,只不过这些局域网技术在激烈的市场竞争中早已被淘汰,只有以太网技术目前仍被广泛应用。

1. 信道访问协议

最早出现的以太网是总线型以太网。在总线型以太网中,多台计算机通过一条总线连接起来,任何两台计算机的通信都要通过连接它们的这条总线进行。当总线上的两个或两个以上的节点同时发送数据时,用以表示数据的信号就会在链路上互相叠加,使接收端无法正确识别,产生数据碰撞。一旦发生碰撞,发送者必须要重新发送发生碰撞的数据,如果碰撞频繁发生,将会大大降低网络的性能。

广播信道上的数据碰撞是无法完全避免的,但可以采用精确设计的多点访问控制协议减少数据碰撞发生的概率。以太网中的多点访问控制机制是带碰撞检测的载波侦听多路访问(CSMA/CD)协议,其基本原理读者可参看计算机网络原理的相关书籍,在此不作介绍。

2. 以太网的 MAC 地址

以太网的MAC地址是一个48位(6字节)的无符号二进制数,书写的时候通常用十六进制表示。具体地说,MAC地址是分配给计算机上的网络接口卡(简称网卡)的,固化在网卡的ROM中,48位全为1的MAC地址是广播地址,不会被分配给任何网卡。如果计算机上如果安装有多个以太网卡,则这台计算机就会有多个MAC地址,一般情况下,同一台计算机上的不同网卡会连入不同的网络。

由于以太网使用的是广播信道,网络中的任意一台计算机发出的帧其他所有的计算机均能接收的到,但是,每台计算机通常都只接收发送给自己的帧和广播帧。计算机通过以太网帧中附加的目的地址来判断该帧是否是发给自己的,如果帧的目的地址跟自己的MAC地址相同,则该帧是发给自己的,就收下;否则,如果是广播地地址,说明该帧是广播帧,也要收下,其他情况则丢弃。

3. 帧结构

以太网中传送的数据分组被称为以太网帧,参见图1.2。帧的最前面的6个字节是目的地址,紧跟其后的6个字节是源地址,然后两个字节是类型字段。当类型字段的值为0x0800时(0x为十六进制数的前缀,表示其后面的数是十六进制数,即这里的0800为十六进制数),表示数据字段的内容为一个IP分组,应该交给操作系统的IP模块处理。若类型字段的值为0x8137,则表示数据是由Novell的IPX发过来的,应该交给IPX模块处理。2个字节的类型字段之后紧接着就是数据字段,其长度在46~1500B之间。最后4个字节是帧校验序列FCS,以太网的帧校验序列是采用循环冗余(CRC)校验计算得到的。

图1.3是从网上捕获的一个完整的以太网帧的内容(十六进制表示)。第一列为每行数

据第一字节的序号(从 0 开始,也是十六进制表示的)。对应图 1.2 的帧结构可以看出,最前面的 6 个字节是目的 MAC 地址 6c-f0-49-7a-0a-49,紧随其后的 6 个字节是源 MAC 地址 00-23-cd-45-03-0a,然后是 2 字节的类型字段,其值为 0800,说明数据部分为一个 IP 分组,再往后就是以太网帧的数据部分了,其第一个字节的值为 45,一直到序号为 00fd 值为 02 的那个字节,也就是倒数第五字节为止。最后 4 个字节 00 00 00 20 是校验序列。

字节序号	十六进制表示	对应的 ASCII 码
0000	6c f0 49 7a 0a 49 00 23 cd 45 03 0a 08 00 45 00	l.Iz.I.#.E...E.
0010	00 f4 00 00 00 00 9b 11 0c 41 ca 66 86 44 c0 a8A.f.D..
0020	01 65 00 35 f2 f0 00 e0 19 d2 38 67 81 80 00 01	.e.5.... .8g....
0030	00 03 00 03 00 04 07 63 6f 6d 6d 65 6e 74 04 6ec omment.n
0040	65 77 73 04 73 6f 68 75 03 63 6f 6d 00 00 01 00	ews.sohu .com....
0050	01 c0 0c 00 05 00 01 00 00 01 6c 00 07 02 67 73l...gs
0060	01 61 c0 19 c0 33 00 05 00 01 00 00 00 b5 00 06	.a...3..
0070	03 66 6a 6e c0 36 c0 46 00 01 00 01 00 00 00 4e	.fjn.6.FN
0080	00 04 77 bc 24 0c c0 36 00 02 00 01 00 00 00 af	..w\$.6
0090	00 04 01 7a c0 36 c0 36 00 02 00 01 00 00 00 af	...z.6.6
00a0	00 04 01 78 c0 36 c0 36 00 02 00 01 00 00 00 af	...x.6.6
00b0	00 04 01 77 c0 36 c0 88 00 01 00 01 00 00 03 9a	..w.6..
00c0	00 04 dd b3 b4 16 c0 78 00 01 00 01 00 00 0e bfx
00d0	00 04 0e 12 f0 2b c0 68 00 01 00 01 00 00 07 37+h7
00e0	00 04 3d 87 b3 a8 c0 68 00 1c 00 01 00 00 01 03	..=.h
00f0	00 10 20 01 02 50 02 08 40 00 20 00 00 02 00 00	.. .P. .@.
0100	00 20	

图 1.3 一个完整的以太网帧的内容

4. 以太网的拓扑结构

以太网最初使用的总线是粗同轴电缆,后来演进到使用较为便宜的细同轴电缆,最后发展为使用更为便宜的双绞线和集线器组网。

使用双绞线和集线器组成的以太网是一种星型拓扑结构的网络,如图 1.4 所示,各计算机通过双绞线连接到作为星型结构中心的集线器。集线器使用大规模集成电路来模拟同轴电缆的工作,因此这种星型以太网在逻辑上仍然是一个共享信道的“总线网络”,只不过“总线”被“缩短”并装进了盒子。这种使用集线器的星型以太网络比使用同轴电缆的以太网络可靠性要高得多,并且价格便宜,因此总线型以太网早已被双绞线组成的星型以太网所取代。

目前使用集线器的双绞线以太网仍在使用,但集线器目前已逐渐被性能更好的以太网交换机所取代。

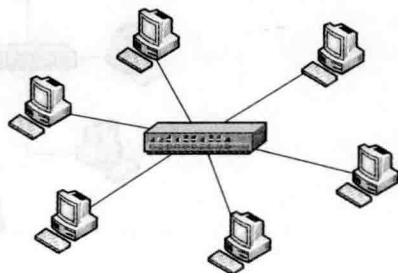


图 1.4 双绞线组成的星型以太网