

高职高专计算机任务驱动模式教材

计算机网络基础 项目教程

田庚林 王浩 编著



清华大学出版社



高职高专计算机任务驱动模式教材

计算机网络基础 项目教程

常州大学图书馆
藏书 王章 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按照项目教学的要求,根据教学内容选取了10个网络项目,每个项目作为一章,内容包括:计算机联网、远程网络连接、局域网连接、SOHO局域网、小型企业网络、企业内部网络、虚拟局域网、使用三层交换机组网、网络服务器配置、Web安全访问。前8个项目主要针对计算机网络技术专业,对于其他专业可以根据需要选学,第9个项目和第10个项目主要是为了照顾其他专业学生学习网络操作系统及网络安全方面的内容而设置。

本书是校企合作开发的教材,项目内容借鉴了实际工程项目的经验。本书可作为高职高专计算机网络技术及相关专业的教材,也可以作为自学教材和其他专业的参考书。

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

计算机网络基础项目教程/田庚林,王浩编著. —北京:清华大学出版社,2011.8
(高职高专计算机任务驱动模式教材)

ISBN 978-7-302-25934-3

I. ①计… II. ①田… ②王… III. ①计算机网络—高等教育—教材
IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 115830 号

责任编辑:刘 青

责任校对:李 梅

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17.25 字 数:417千字

版 次:2011年8月第1版 印 次:2011年8月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00元

前言

本书是按照项目方式介绍计算机网络基础知识、基本技能和网络通信原理的教材。

本书按照项目教学的要求,根据教学内容选取了 10 个网络项目,打破了原来的理论课程体系,按照项目需求组织教学内容,并根据项目中需要和遇到的知识与技术问题介绍相关知识与原理。

按照项目教学要求,在确定项目任务之后,应该由学生研究解决方案,制订项目工作计划、工作步骤和程序,由学生分工合作按照制订的工作计划完成项目,教师主要进行指导。本书主要面向高等职业教育学生,考虑到学生和课程的特点,采用了项目导向、任务驱动的方式,通过项目使学生明确学习的目标。将项目分解成若干任务,围绕任务介绍必备的知识,最终给出解决方案。为了充分调动学生在项目教学中的积极性,每个项目中都布置了项目调研报告,学生可以以学习小组为单位对指定内容进行调研,对教学内容进行先期学习。学生还可以通过拓展训练部分进行自主学习。

本课程的教学任务主要有两个方面:一是理解计算机网络基本通信原理;二是掌握基本网络组织与配置技能。本书围绕 10 个教学项目组织教学内容。第 1 章为计算机联网,介绍一台服务器和一台客户机之间的网络连接,同时介绍计算机网络的定义、网络通信协议、网络体系结构、以太网连接、网络通信地址等概念;第 2 章为远程网络连接,主要针对拨号上网和 ADSL 宽带连接介绍广域网连接的概念,同时介绍广域网通信线路、数据通信的一些基本概念、PPP 协议与 PPPoE 协议;第 3 章为局域网连接,介绍一个局域网内部的连接,包括以太网技术、网络连接设备、IP 地址分配规则、子网与子网掩码、网络通信路由等概念及网络连接属性配置技能;第 4 章为 SOHO 局域网,主要介绍家庭及办公室小型局域网连接以及 SOHO 路由器的配置、无线局域网配置;第 5 章为小型企业网络,主要针对一个小型企业的网络搭建介绍网络应用层、传输层、网络层通信的基本原理与相关协议,以及 IP 地址规划、路由规划,并以 Cisco 路由器为例介绍路由器基本配置、静态路由及默认路由配置;第 6 章为企业内部网络,主要针对一个较为复杂的企业内部网络介绍动态路由的概念以及 RIP 路由选择协议的配置;第 7 章为虚拟局域网,主要针对网络工程实例介绍虚拟局域网的概念与 VLAN 的配置、跨交换机 VLAN 配置及 VLAN 间路由配置;第 8 章为使用三层交换机组网,主要介绍三层交换的概念与三层交换机的配置以及 VLAN 管理

协议配置；第9章为网络服务器配置，主要介绍了 Windows 2003 上 Web、FTP、DNS 服务的配置以及多 Web 站点配置的方法；第10章为 Web 安全访问，主要介绍 Web 网站安全访问中的数据加密、证书、证书申请、颁发证书、安装证书以及 HTTPS 访问。前8章主要针对计算机网络技术专业，对于其他专业可以根据需要选学，第9章和第10章主要是为了照顾其他专业学生学习网络操作系统及网络安全方面的内容而设置。

本书主要是针对 Cisco 网络设备编写的，为了适应其他类型的网络设备，附录 B 中列出了 H3C 网络设备的主要配置命令。

本书由石家庄邮电职业技术学院田庚林与瑞科网信(A10Networks)王浩共同编写。王浩曾经在中国电子科技集团公司第54研究所、华为数通平台应用部、Nortel 北电网络、比蒙系统和瑞科网信等多家网络公司工作，有着丰富的网络设备研制与网络工程实践经验，在本书编写过程中引入了许多实际案例与工程经验。石家庄邮电职业技术学院计算机网络教研室的田华、张少芳、单振芳、赵艳春、游自英、殷建刚等也参与了本书的编写工作。

由于时间仓促，加上作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。作者 E-mail: tiangl163@163.com。

编 者

2011 年 5 月

目 录

第 1 章 计算机联网	1
1.1 项目描述	1
1.2 计算机网络	2
1.2.1 计算机网络的概念	2
1.2.2 计算机网络的组成	2
1.3 计算机通信系统	3
1.3.1 通信的概念	3
1.3.2 计算机通信系统模型	6
1.4 网络通信协议与网络体系结构	9
1.4.1 网络通信协议	9
1.4.2 网络体系结构	9
1.5 局域网与以太网	12
1.5.1 局域网	12
1.5.2 以太网	14
1.6 网络连接与通信协议	17
1.6.1 信道结构	17
1.6.2 网线	17
1.6.3 网络通信协议	17
1.7 网络中的通信地址	18
1.7.1 计算机的物理地址	18
1.7.2 IP 地址	18
1.7.3 域名地址	20
1.7.4 端口地址	21
1.7.5 TCP/IP 协议报文中的地址信息	22
1.8 计算机联网项目网络配置	23
1.8.1 网络连接属性配置	23
1.8.2 资源共享	23
1.9 计算机网络中的数据传输过程	24
1.10 小结	25
1.11 习题	26
1.12 计算机联网实训	26

1.13 拓展训练：对等式网络	28
1.13.1 对等式网络的概念	28
1.13.2 对等式网络训练	28
第2章 远程网络连接	30
2.1 项目描述	30
2.2 广域网通信线路	30
2.2.1 电话拨号线路	31
2.2.2 ADSL 线路	31
2.2.3 数据专线	31
2.3 拨号连接方案	33
2.3.1 拨号连接准备	33
2.3.2 拨号线路网络连接	33
2.3.3 异步串行通信	37
2.3.4 网络通信协议	39
2.3.5 建立拨号连接	41
2.4 宽带连接方案	41
2.4.1 宽带连接准备	41
2.4.2 宽带线路网络连接	41
2.4.3 网络通信协议	45
2.4.4 在 Windows 中建立 ADSL 连接	46
2.5 小结	47
2.6 习题	47
第3章 局域网连接	48
3.1 项目描述	48
3.2 以太网	48
3.2.1 以太网网络结构	48
3.2.2 网络拓扑结构	49
3.2.3 总线型以太网通信方式	50
3.2.4 使用双绞线网线连接的以太网	51
3.2.5 以太网介质访问控制方式	52
3.2.6 以太网技术实现方式	52
3.2.7 以太网标准	53
3.3 网络连接设备	55
3.3.1 中继器与集线器	55
3.3.2 网桥与交换机	56
3.3.3 路由器	59
3.4 IP 地址的分配	61

3.4.1	特殊 IP 地址	61
3.4.2	IP 地址的分配规则	62
3.5	子网与子网掩码	64
3.5.1	子网的概念	64
3.5.2	子网掩码	65
3.6	网络通信路由	66
3.6.1	路由表	67
3.6.2	主机路由设置	69
3.7	局域网连接	70
3.7.1	网络物理连接	70
3.7.2	计算机的网络连接属性配置	73
3.8	小结	74
3.9	习题	74
3.10	局域网连接模拟实训	75
第 4 章	SOHO 局域网	79
4.1	项目描述	79
4.2	网络内部扩充	80
4.2.1	任务分析	80
4.2.2	任务实现	80
4.3	家庭局域网	80
4.3.1	任务分析	80
4.3.2	SOHO 路由器	81
4.3.3	使用有线宽带路由器实现任务	82
4.3.4	使用 SOHO 无线宽带路由器实现任务	85
4.4	使用 SOHO 路由器扩充办公网络	91
4.4.1	任务分析	91
4.4.2	任务实现	92
4.5	小结	93
4.6	习题	93
4.7	SOHO 局域网项目模拟实训	93
第 5 章	小型企业网络	97
5.1	项目描述	97
5.2	TCP/IP 协议网络通信原理	98
5.2.1	客户/服务器交互模式	98
5.2.2	应用层通信协议	99
5.2.3	传输层通信协议	102
5.2.4	网络层通信协议	111

5.2.5	底层传输网络	120
5.3	路由器基本配置	122
5.3.1	Cisco 路由器硬件结构	122
5.3.2	Cisco 路由器启动过程	124
5.3.3	Cisco 路由器的命令行界面	125
5.3.4	Cisco 路由器的帮助功能	125
5.3.5	Cisco 路由器的常用基本命令	126
5.4	小型企业网络项目实施	131
5.4.1	IP 地址规划	131
5.4.2	路由规划	132
5.4.3	路由器设备配置	132
5.5	小结	134
5.6	习题	134
5.7	小型企业网络项目模拟实训	134
5.8	拓展训练	137
第 6 章	企业内部网络	139
6.1	项目描述	139
6.2	IP 地址规划	140
6.2.1	超网与无类域间路由	140
6.2.2	IP 地址规划实现	141
6.3	路由规划	142
6.3.1	静态路由配置中的问题	142
6.3.2	动态路由与路由选择协议	143
6.3.3	路由信息协议	144
6.3.4	网络路由规划	148
6.4	路由器设备配置及终端设备配置	149
6.4.1	路由器 RouterA 的配置	149
6.4.2	路由器 RouterB 的配置	151
6.4.3	路由器 RouterC 的配置	153
6.4.4	路由器 RouterD 的配置	153
6.4.5	路由表检查	154
6.4.6	终端设备配置及网络连通性测试	156
6.5	小结	156
6.6	习题	157
6.7	企业内部网络项目模拟实训	157
6.8	拓展训练	160

第 7 章 虚拟局域网	161
7.1 项目描述	161
7.2 网络连接结构设计	162
7.2.1 简单的网络连接设计	162
7.2.2 考虑综合布线的网络连接设计	162
7.3 虚拟局域网概述	163
7.3.1 交换机上划分逻辑网络的需求	163
7.3.2 虚拟局域网技术	164
7.3.3 VLAN 的种类	165
7.3.4 VLAN 的特点	167
7.4 配置 VLAN	167
7.4.1 Cisco 交换机概述	168
7.4.2 单交换机上的静态 VLAN 配置	169
7.4.3 VLAN 相关配置命令	173
7.5 VLAN 间路由	174
7.5.1 路由器实现的 VLAN 间路由	174
7.5.2 跨交换机 VLAN 及 VLAN 间路由配置	179
7.6 网络连接结构设计及设备选型	182
7.6.1 使用 VLAN 技术的网络连接结构设计	182
7.6.2 VLAN 规划和 VLAN 端口分配	183
7.7 IP 地址规划与路由规划	184
7.7.1 IP 地址规划	184
7.7.2 路由规划	184
7.8 网络设备与信息终端配置	184
7.8.1 Sw-1 交换机配置	184
7.8.2 Sw-2 交换机配置	185
7.8.3 路由器配置	186
7.8.4 信息终端配置	187
7.9 小结	189
7.10 习题	189
7.11 虚拟局域网项目模拟实训	190
7.12 拓展训练	193
第 8 章 使用三层交换机组网	194
8.1 项目描述	194
8.2 三层交换机	195
8.2.1 第三层交换与三层交换机	195
8.2.2 在三层交换机上实现 VLAN 间路由	198

8.3	VTP 协议	201
8.3.1	VTP 协议概述	201
8.3.2	VTP 协议配置	202
8.3.3	跨交换机 VLAN 配置	203
8.4	VLAN 规划	205
8.4.1	网络连接拓扑结构	205
8.4.2	VLAN 规划与 VLAN 接入端口分配	205
8.5	IP 地址规划与路由规划	206
8.5.1	网络 IP 地址规划	206
8.5.2	路由规划	206
8.6	网络设备与信息终端配置	207
8.6.1	VTP 协议配置	207
8.6.2	VLAN 接入端口指定	209
8.6.3	路由配置	210
8.6.4	信息终端网络连接属性配置	211
8.7	小结	213
8.8	习题	213
8.9	三层交换机组网项目模拟实训	213
8.10	拓展训练	217
第 9 章	网络服务器配置	218
9.1	项目描述	218
9.2	DNS 服务器配置及网站域名注册	219
9.2.1	在 Windows Server 2003 上安装 DNS 服务器	219
9.2.2	配置 DNS 服务器	219
9.2.3	为网站注册域名	220
9.2.4	配置 DNS 服务器的转发器	221
9.3	Web 网站配置	222
9.3.1	配置 Web 站点准备	222
9.3.2	不同类型的 Web 网站配置	222
9.3.3	Web 网站配置实现	227
9.4	FTP 站点配置	227
9.4.1	Windows Server 2003 中 FTP 服务器配置	227
9.4.2	知识拓展: 使用 IIS 配置多个 FTP 站点	230
9.5	小结	231
9.6	习题	231
9.7	网络服务器配置模拟实训	232

第 10 章 Web 安全访问	236
10.1 项目描述	236
10.2 网络信息安全技术	237
10.2.1 数据加密技术	237
10.2.2 证书	237
10.2.3 使用证书的安全通信过程	237
10.3 设置 Web 网站的安全访问方式	238
10.3.1 在服务器中安装证书服务	238
10.3.2 为 Web 服务器申请证书	239
10.3.3 在 CA 证书颁发机构中颁发证书	241
10.3.4 给 Web 网站安装服务器证书	242
10.3.5 使用 HTTPS 协议访问 Web 网站	243
10.4 客户端身份认证配置	244
10.4.1 申请客户端证书	244
10.4.2 为浏览器安装证书	245
10.5 小结	246
10.6 习题	246
10.7 Web 安全访问项目模拟实训	246
附录 A 习题参考答案	249
附录 B H3C 路由器、交换机的基本配置	255
附录 C 课程标准参考	261
参考文献	264

第 1 章 计算机联网

计算机作为智能代脑工具在工作生活中的地位越来越重要。计算机联网已经成了历史的潮流,单台计算机工作的情况已经越来越少。

1.1 项目描述

1. 项目环境

如图 1-1 所示,办公室内有一台安装有 Windows Server 2003 操作系统的服务器计算机和一台安装了 Windows XP 操作系统的笔记本电脑,两台计算机主板上都集成有以太网卡。服务器的 IP 地址为 192.168.1.23,子网掩码为 255.255.255.0。服务器上有 Web 网站和 FTP 资料下载网站,有一台可以网络共享的打印机。



图 1-1 项目环境

2. 项目要求

使用网线将服务器和笔记本电脑连接成一个计算机网络,使笔记本电脑可以浏览服务器计算机上的 Web 网站,可以从服务器上下载文件,可以共享服务器上的打印机。

3. 项目调研报告

计算机联网项目调研报告

项目组长	项目组成员
完成该项目需要了解哪些概念和知识?	
该项目硬件连接如何实现?	
该项目在软件方面如何实现?	

1.2 计算机网络

1.2.1 计算机网络的概念

什么是计算机网络？简单地说就是计算机相互连接起来，计算机之间能够通信的网络。在 1946 年第一台电子计算机诞生之后，电子计算机非凡的计算速度就使人们产生了如何充分利用计算机强大功能的想法。在 20 世纪 50 年代，美国军方就尝试将远程的雷达系统通过通信线路连接到一台大型计算机上，实现分布的防空信息集中处理。

在 20 世纪 60 年代，随着数据通信技术的研究和数据终端的问世，在一台计算机上连接多个数据终端，计算机可以分时地为多个用户服务的多用户、多任务技术已经成熟，最初美国航空公司建成的由以一台大型计算机为中心和分布在全国各地的 2000 多个订票终端组成的航空订票系统称为计算机网络。

这种以一台计算机为中心的计算机网络对于军方是不能接受的，在一个军事指挥网络中，中心的毁灭其后果是不堪设想的。对于网络中心的安全问题，最好的办法就是没有中心。1969 年美国国防部高级计划研究局提出了多台计算机相互连接的课题，建立了多台独立的计算机相互连接，相互之间能够通信和共享硬件资源与信息资源的计算机网络。这个网络称为 ARPANET，它是今天因特网(Internet)的前身，是计算机网络发展史上的里程碑。20 世纪 70 年代后随着美国军事网络与民用网络的分离，逐步发展形成了今天的 Internet，俗称因特网、互联网。

计算机网络主要解决计算机之间的通信和资源共享问题。计算机网络在宏观上可以解释为：计算机网络是利用通信线路和通信设备将多个具有独立功能的计算机系统连接起来，按照网络通信协议实现资源共享和信息传递的系统。在计算机网络中包含了 4 方面的问题：一是网络中的计算机需要利用通信线路和通信设备连接；二是网络中的计算机都是具有独立功能的计算机系统，计算机没有对网络的依赖性；三是网络中的计算机都要遵守网络中的通信协议，使用支持网络通信协议的网络通信软件；四是计算机网络的目的是实现资源共享和信息传递，通过计算机之间的通信实现共享信息软件资源以及设备硬件资源，如浏览发布的消息，共享打印机、硬盘等设备。

一台计算机要连接到 Internet 上，必要的条件是要有连接到网络的通信线路和通信设备，还必须安装支持网络通信协议的网络通信软件。

由具有独立功能的计算机相互连接起来构成的计算机网络一般称做分布式网络，常见的计算机网络都是分布式网络。像美国航空公司的订票系统一般称为联机系统，也被称为集中式网络。集中式网络在今天依然存在，例如银行业务系统，虽然在银行业务系统网络中营业终端可能是具有独立功能的计算机，但是由于业务数据存储在网络中心的数据库中，业务的处理都是在中心主机上进行的，各个营业终端离开网络中心的支持就不能办理业务，所以说是个集中式网络。

1.2.2 计算机网络的组成

在 ARPANET 网络中，网络主要由两部分组成：一是负责数据存储和数据处理的计算

机和终端设备及信息资源；二是负责通信控制的报文处理机和通信线路。所以就把计算机网络划分成了两部分：资源子网和通信子网。虽然计算机网络经历了多年的发展变化，但资源子网和通信子网的概念一直延续了下来。计算机网络的组成如图 1-2 所示。

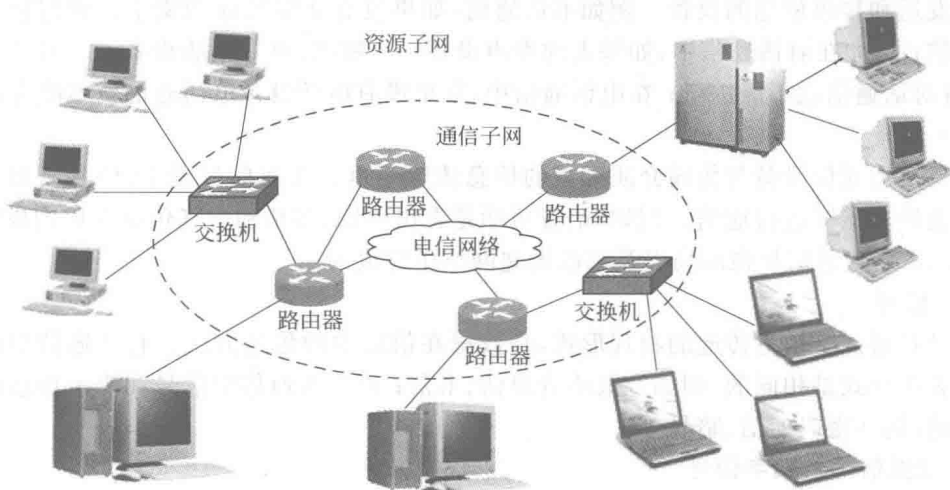


图 1-2 计算机网络的组成

资源子网中包括各种计算机、终端、打印机等硬件资源和软件资源及信息资源（其中计算机也称做主机，主机的名称来源于计算机和数据终端组成的系统，现在这两个名词已经没有区别了）；通信子网包括通信控制设备、通信传输设备、交换机、路由器等网络连接设备及通信线路等。

1.3 计算机通信系统

计算机联网要求将计算机连接起来，实现相互通信与信息资源共享。通信是人类生活中每时每刻都在发生的事情，但是这里是在计算机之间进行通信，那么计算机之间的通信有什么特点呢？

1.3.1 通信的概念

1. 信息与数据

通信的形式多种多样，例如书信、电话、对话、留言等。通信的目的是传递信息，信息是人们对客观世界的认识和反映。无论是哪种形式的通信，都是以传递信息为目的的。例如为了传达“狼来了”这一信息，可以使用声音、手势等方式告诉他人。

信息的物理表示形式称做数据，所有信息都要用某种形式的数据表示和传播。例如，“汽车”可以使用文字、声音、图像等数据形式表示。

总之，数据是信息的表示形式，是信息的物理表现。所有信息都要用某种形式的数据表示。信息是数据表示的含义，是数据的逻辑抽象。信息不会因数据的表示形式不同而改变。

2. 完成通信的必要条件

无论哪种形式的通信都是在两个实体之间进行的，要完成一次通信必要的条件如下。

(1) 通信的信息源与信息宿

即信息的发送者与接收者,或者说通信的实体、对象,例如人、计算机等。

(2) 通信设备

即发送和接收信息的设备。例如书信通信,如果没有文字载体和文字识别器官就无法完成通信;又如在对话通信中,如果人的发声设备——嘴巴、声音接收设备——耳朵出了问题,声音对话通信就不能进行;在电话通信中,如果没有电话设备电话通信就不能完成。

(3) 信道

信道是由通信设备与传输介质组成的信息传输通道。在通信过程中,信息需要通过信息传输通道才能够进行通信。例如,语音对话是在由嘴巴、耳朵和空气传输介质构成的信道中完成的;邮政通信是在邮局以及邮政投递网络中完成的。

(4) 信号

信号是通信中信息传递的物理形式,是数据在信道中的传送方式。有些通信中信号和数据的表示形式是相同的,例如一般语音对话、书信;但有些通信中信号和表示信息的数据是不同的,例如密码通信、暗号等。

3. 模拟信号与数字信号

在电话诞生之后,借助电话,可以将语音传输到很远的地方。虽然声音在金属导线中也能够传输,但是不可能传递到很远的地方,所以在电话机之间传递的信号一般是电磁波。在电话通信中,用语音控制电磁波的形态,使传输的电磁波与语音声波频率相同变化,这种信号称为模拟信号,即模拟语音信号。

使用模拟信号传输时,无论是在导体中传输还是在大气中无线传输,都会受到外界电磁波的干扰,例如雷电、发动机等。所以当通信距离较远时,使用模拟信号的电话通信就很困难。解决这个问题的办法就是使用数字信号。

所谓数字信号就是使用电压(电流)脉冲方波表示二进制数 0、1。模拟信号与数字信号波形如图 1-3 所示。

使用数字信号的好处是数字信号可以再生。信号再生是指在信号传递过程中受到外界干扰变形后,通过信号判决再恢复到原来的信号。例如,使用 +12V 电压表示数字 1,使用 -12V 电压表示数字 0。在接收信号时,如果大于 +3V 则认为是数字 1,如果小于 -3V 则认为是数字 0。这样,虽然传输过程中 +12V 变成了 +5.2V,但并不影响信号的正确接收。数字信号传输再生过程如图 1-4 所示。

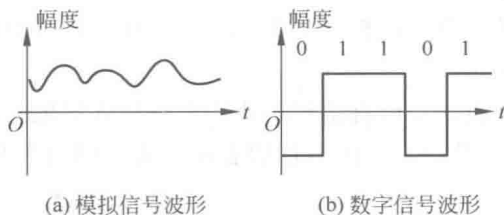


图 1-3 模拟信号与数字信号波形

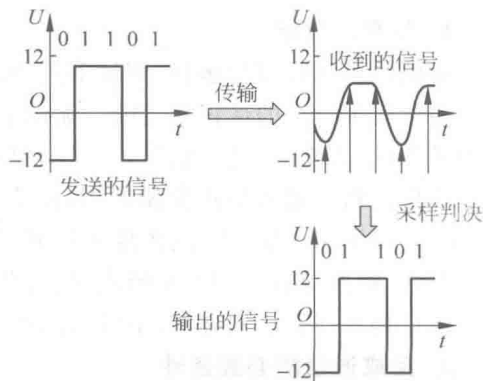


图 1-4 数字信号传输再生过程

现在的固定电话网络(PSTN)系统如图 1-5 所示。在固定电话系统中,用户线路中传输的是模拟信号,局间中继线路中传输的是数字信号。电话语音信号传输到交换机后,交换机中 A/D(模拟/数字转换)模块对模拟信号进行 8000 次/秒采样,对采样取得的信号值进行 256 级量化,然后由发送模块按位进行传输;在接收端,接收模块对接收到的数字信号进行判决再生,恢复量化值,再由 D/A(数字/模拟转换)模块转化成语音信号通过用户线路传输到接听用户。由于局间传输使用了数字信号,所以才使得现在的电话通信非常清晰。

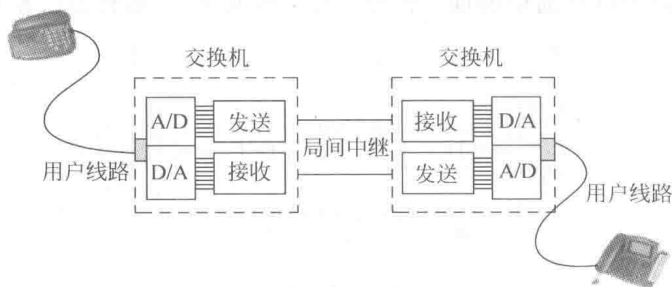


图 1-5 固定电话网络(PSTN)系统

4. 信号带宽与信道带宽

当使用电磁波在导体或大气中传播数据信号时,信号的频率范围和信道能够传输的频率范围就成了需要研究的问题。信号就像汽车,信道就像公路,如果车比路宽显然是不行的。

(1) 信号带宽

信号带宽是指信号中包含的频率成分。模拟信号的带宽就是信号的最高频率与最低频率之差。例如,语音模拟信号的带宽就是人类声音的频率范围。模拟信号带宽的计算方法如下:

$$\text{信号带宽} = \text{信号最高频率} - \text{信号最低频率}$$

例如,语音信号频率一般为 300~3400Hz,所以语音信号带宽为 3100Hz。

数字信号包含直流以上的频率成分,数字信号的脉冲波形在传输中是由无数频率的正弦波叠加形成的,所以数字信号中包含的频率成分非常多,远远大于模拟信号的频率范围。数字信号的最高频率成分与信号脉冲宽度有关,信号脉冲宽度为 $1\mu\text{s}$ 的脉冲数字信号,其信号带宽一般视为 1MHz。

(2) 信道带宽

信道带宽是信道上允许传输电磁波的有效频率范围。信道带宽受组成信道的通信设备及传输介质允许带宽的制约。传输介质像公路,通信设备像警察,警察只能按照公路的通行能力放行车辆,但是警察放行的车辆可能低于公路的通行能力。

模拟信道的带宽等于信道可以传输的信号频率上限和下限之差,单位是 Hz。信道的带宽不一定等于传输介质允许的带宽。例如在无线信道中,从理论上说无线信道的带宽是无限的,但无线信道是共享的公用广播信道,在全球和局部范围内都将其划分成不同用途的信道,根据用途的不同,其信道带宽差距很大。又如电话用户线路,线路传输的频率可以达到 1MHz 以上,但语音信道的带宽为 4000Hz,可以传输 0~4000Hz 频率范围的电磁波,涵盖