

中等职业学校教学用书（计算机应用专业）

计算机网络技术基础

（第4版）

于 鹏 丁喜纲 主 编

电子工业出版社版权所有
盗版必究

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书采用任务驱动模式，按照网络建设的实际流程展开，共包括 8 个工作单元和 1 个拓展单元，工作单元为认识计算机网络、组建双机互联网络、组建小型办公网络、接入 Internet、组建小型无线网络、配置常用网络服务、网络安全防护以及网络运行维护，拓展单元为使用虚拟软件模拟网络环境。

本书主要面向计算机网络技术的初学者，读者只要具备计算机的基本知识就可以在阅读本书时同步进行实训，从而掌握计算机网络的基础知识和技能。本书可以作为大中专院校计算机网络技术基础课程的教材，也适合计算机网络技术爱好者和相关技术人员参考使用。

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

计算机网络技术基础 / 于鹏，丁喜纲主编. —4 版. —北京：电子工业出版社，2014.1

中等职业学校教学用书. 计算机应用专业

ISBN 978-7-121-22258-0

计... 于... 丁... 计算机网络—中等专业学校—教材 TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 317856 号

策划编辑：关雅莉

责任编辑：柴 灿 文字编辑：裴 杰

印 刷：

装 订：

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：787×1 092 1/16 印张：18 字数：460.8 千字

印 次：2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价：33.00 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。

前言

由于计算机网络技术的发展,使得计算机用户可以超越地理位置的限制进行信息传输,人们可以方便地访问网络内所有计算机的公共资源。计算机网络的出现与迅速发展改变了人们的传统生活方式,给人们带来新的工作、学习及娱乐方式。目前计算机网络已经受到人们的广泛重视,成为信息产业的重要技术支柱。目前,我国正在大力建设公共数据通信网、发展远程计算机网络,同时,各企事业单位也在建设局域网,以适应和满足办公自动化、企业管理自动化和分布式控制的需要。作为职业院校计算机相关专业的学生,必须掌握计算机网络的基础知识和应用技能,能够完成小型计算机网络的组建、管理和维护工作。

职业教育直接面向社会、面向市场,以就业为导向,因此在计算机网络技术基础课程的教学过程中,不仅要让学生理解技术原理,更重要的是使学生具备真正的技术应用能力,并为学生今后进行网络工程的设计与实践打下基础。本书在编写时从满足经济和技术发展对高素质劳动者和技能型人才的需要出发,紧紧围绕职业教育的培养目标,贯穿了“以职业活动为导向,以职业技能为核心”的理念,结合工程实际,反映岗位需求。全书共包括8个工作单元和1个拓展单元,工作单元为认识计算机网络、组建双机互联网络、组建小型办公网络、接入Internet、组建小型无线网络、配置常用网络服务、网络安全防护以及网络运行维护,拓展单元为使用虚拟软件模拟网络环境。每个单元由需要读者亲自动手完成的工作任务组成,读者只要具备计算机的基本知识就可以在阅读本书时同步进行实训,从而掌握计算机网络规划、建设、管理与维护等方面的基础知识和技能。

本书在编写过程中力求突出以下特色:

(1) 以工作过程为导向,采用任务驱动模式

本书以组建小型局域网的基本工作过程为导向,采用任务驱动模式,力求使读者在做中学、在学中做,真正能够利用所学知识解决实际问题,形成职业能力。

(2) 紧密结合教学实际

在计算机网络技术课程的学习中,需要由多台计算机以及交换机、路由器等网络设备构成的网络环境。考虑到读者的实际实验条件,本书选择了具有代表性并且广泛使用的主流技术与产品,另外通过本书提供的拓展单元,读者可以利用虚拟软件在一台计算机上模拟计算机网络环境,完成各种配置和测试。本书每个工作单元后都附有习题,有利于读者思考并检查学习效果。

(3) 参照职业标准

职业标准源自生产一线,源自工作过程。本书在编写时参照了《计算机网络管理员国家职业标准》及其他相关职业标准和企业认证中的要求,突出了职业特色和岗位特色。

(4) 紧跟行业技术发展

计算机网络技术发展很快，因此我们吸收了具有丰富实践经验的企业技术人员参与了本书的编写工作，与行业企业密切联系，使所有内容紧跟技术发展。

本书主要面向计算机网络技术的初学者，可以作为大中专院校各专业计算机网络技术基础课程的教材，也适合计算机网络技术爱好者和相关技术人员参考使用。

本书由于鹏、丁喜纲主编，邱海燕、李宁宁、王兵、王丽、赵金芝、于慧、刘毅、李光耀、邱圆圆、于志国、刘瑜、何尧、刘乔、贺文平、许志、张海静、岳贞等也参与了部分内容的编写工作。本书在编写过程中得到了各级领导的大力支持，在此致以衷心的感谢。

编者意在奉献给读者一本实用并具有特色的教材，但由于教材中涉及的内容属于发展中的高新技术，加之我们水平有限，难免有错误和不妥之处，敬请广大读者给予批评指正。

编者

2013年6月于青岛

电子工业出版社版权所有
盗版必究

目 录

工作单元 1 认识计算机网络	1	操作 3 认识其他计算机网络中的	
任务 1.1 认识数据通信系统	2	网络设备	24
1.1.1 数据通信系统	2	任务 1.4 认识常用的传输介质	25
1.1.2 数据的传输方式	4	1.4.1 双绞线	25
1.1.3 数据传输技术	5	1.4.2 同轴电缆	27
1.1.4 数据编码技术	6	1.4.3 光纤	27
1.1.5 多路复用技术	8	任务实施	29
1.1.6 异步传输和同步传输	10	操作 1 认识计算机网络实验室或机房	
任务实施	11	网络中的传输介质	29
操作 1 参观有线广播系统	11	操作 2 认识校园网中的传输介质	30
操作 2 参观电话系统	12	操作 3 认识其他计算机网络中的	
操作 3 参观计算机网络系统	12	传输介质	30
任务 1.2 初识计算机网络	12	任务 1.5 绘制网络拓扑结构图	30
1.2.1 计算机网络的产生和发展	12	1.5.1 总线型结构	30
1.2.2 计算机网络的定义	14	1.5.2 环型结构	31
1.2.3 计算机网络的功能	14	1.5.3 星型结构	31
1.2.4 计算机网络的分类	15	1.5.4 树型结构	31
任务实施	17	1.5.5 网状结构	31
操作 1 参观计算机网络实验室或机房		任务实施	32
	17	操作 1 分析局域网拓扑结构	32
操作 2 参观校园网	18	操作 2 利用 Visio 软件绘制网络拓扑	
操作 3 参观其他计算机网络	18	结构图	32
任务 1.3 认识常用的网络设备	18	操作 3 绘制校园网拓扑结构图	35
1.3.1 网络体系结构	18	习题 1	35
1.3.2 OSI 参考模型	19	工作单元 2 组建双机互联网络	38
1.3.3 计算机网络的组成	22	任务 2.1 安装操作系统	39
1.3.4 常用的网络设备	23	2.1.1 局域网标准	39
任务实施	24	2.1.2 局域网的工作模式	40
操作 1 认识计算机网络实验室或		任务实施	42
机房网络中的网络设备	24	操作 1 准备安装	42
操作 2 认识校园网中的网络设备	24	操作 2 从 DVD 启动计算机并安装	

Windows Server 2008 R2	44	的组网技术	74
操作 3 安装 Windows 7	47	操作 2 分析校园网的组网技术	74
任务 2.2 安装网卡	47	操作 3 分析其他网络组网技术	74
2.2.1 介质访问控制	47	任务 3.2 选择与配置交换机	75
2.2.2 以太网的冲突域	49	3.2.1 交换机的分类	76
2.2.3 以太网的 MAC 地址	50	3.2.2 二层交换机的功能和工作原理	77
2.2.4 以太网网卡	50	3.2.3 交换机的组成结构	79
任务实施	51	任务实施	79
操作 1 网卡的硬件安装	51	操作 1 认识二层交换机	79
操作 2 安装网卡驱动程序	52	操作 2 使用本地控制台登录二层	
操作 3 检测网卡的工作状态	52	交换机	79
操作 4 查看网卡 MAC 地址	52	操作 3 切换交换机命令行工作模式	
任务 2.3 制作双绞线跳线	53		81
2.3.1 局域网通信线路	53	操作 4 二层交换机的基本配置	82
2.3.2 双绞线跳线	55	操作 5 配置二层交换机接口	82
任务实施	56	操作 6 查看交换机的配置信息	83
操作 1 制作直通线	56	任务 3.3 实现网络连接	84
操作 2 制作交叉线	57	3.3.1 对等网络的连接	84
操作 3 跳线的测试	57	3.3.2 客户机/服务器网络的连接	85
任务 2.4 实现双机互联	58	任务实施	85
2.4.1 TCP/IP 模型	58	操作 1 单一交换机连接局域网	85
2.4.2 其他网络协议	61	操作 2 多交换机连接局域网	86
任务实施	62	操作 3 判断网络的连通性	86
操作 1 使用双绞线跳线连接两台		任务 3.4 划分 VLAN	87
计算机	62	3.4.1 广播域	87
操作 2 安装网络协议	62	3.4.2 VLAN 的作用	88
操作 3 设置 IP 地址信息	63	3.4.3 VLAN 的实现	88
操作 4 利用 ping 命令测试两台计算机		任务实施	89
的连通性	63	操作 1 单交换机划分 VLAN	89
习题 2	65	操作 2 测试 VLAN 的连通性	90
工作单元 3 组建小型办公网络	68	任务 3.5 规划与分配 IP 地址	90
任务 3.1 选择局域网组网技术	69	3.5.1 IP 地址的概念和分类	91
3.1.1 传统以太网组网技术	69	3.5.2 特殊的 IP 地址	92
3.1.2 快速以太网组网技术	70	3.5.3 子网掩码	93
3.1.3 千兆位以太网组网技术	71	3.5.4 IP 地址的分配原则	95
3.1.4 万兆位以太网组网技术	72	3.5.5 IP 地址的分配方法	95
3.1.5 局域网组网技术的选择	73	任务实施	96
任务实施	74	操作 1 为路由器连接的局域网规划 IP	
操作 1 分析计算机网络实验室或机房		地址	96

操作 2 为划分了 VLAN 的局域网规划 IP 地址	97	操作 3 软件设置与访问 Internet	127
操作 3 用子网掩码划分子网	97	任务 4.3 利用光纤以太网接入 Internet	130
操作 4 使用 DHCP 服务器分配 IP 地址	98	4.3.1 FTTx 概述	130
任务 3.6 连接 VLAN	101	4.3.2 FTTx+LAN	131
3.6.1 路由的基本原理	102	任务实施	132
3.6.2 路由表	103	操作 1 安装和连接硬件设备	132
3.6.3 路由器	105	操作 2 软件设置与访问 Internet	132
3.6.4 三层交换机	106	任务 4.4 实现 Internet 连接共享	133
任务实施	107	4.4.1 Internet 连接共享概述	133
操作 1 查看计算机的路由表	107	4.4.2 ADSL MODEM 路由方案	134
操作 2 测试计算机之间的路由	108	4.4.3 宽带路由器方案	134
操作 3 认识路由器	108	4.4.4 无线路由器方案	135
操作 4 认识三层交换机	108	4.4.5 代理服务器方案	135
操作 5 利用路由器实现 VLAN 间的路由	109	任务实施	136
习题 3	111	操作 1 利用宽带路由器实现 Internet 连接共享	136
工作单元 4 接入 Internet	115	操作 2 使用 Windows 自带的 Internet 连接共享	138
任务 4.1 选择接入技术	116	操作 3 利用代理服务器软件实现 Internet 连接共享	140
4.1.1 广域网设备	116	习题 4	142
4.1.2 广域网技术	117	工作单元 5 组建小型无线网络	144
4.1.3 Internet 与 Internet 接入网	120	任务 5.1 认识无线局域网	145
4.1.4 接入技术的选择	122	5.1.1 无线局域网的技术标准	145
任务实施	123	5.1.2 无线局域网的硬件设备	146
操作 1 了解本地 ISP 提供的接入业务	123	任务实施	147
操作 2 了解本地家庭用户使用的接入业务	123	操作 1 分析无线局域网使用的技术标准	147
操作 3 了解本地局域网用户使用的接入业务	123	操作 2 认识常用的无线网络设备	148
任务 4.2 利用 ADSL 接入 Internet	123	任务 5.2 组建 BSS 无线局域网	148
4.2.1 DSL 技术	123	5.2.1 无线局域网的组网模式	148
4.2.2 ADSL 技术的特点	124	5.2.2 无线局域网的用户接入	149
4.2.3 ADSL 通信协议	124	任务实施	151
任务实施	125	操作 1 利用无线路由器组建 WLAN	151
操作 1 认识 ADSL MODEM 和滤波分离器	125	操作 2 组建 Ad-hoc Network	154
操作 2 安装和连接硬件设备	127	习题 5	154
		工作单元 6 配置常用网络服务	157
		任务 6.1 设置文件共享	158

6.1.1 工作组网络	158	任务 6.5 配置 FTP 服务器	190
6.1.2 计算机名称、NetBIOS 名称与工 作组名	159	任务实施	191
6.1.3 本地用户账户和组	159	操作 1 安装 FTP 服务	191
6.1.4 共享文件夹	160	操作 2 新建 FTP 站点	191
6.1.5 公用文件夹	162	操作 3 访问 FTP 站点	193
任务实施	162	操作 4 FTP 站点基本设置	194
操作 1 将计算机加入到工作组	162	操作 5 设置虚拟目录	195
操作 2 设置本地用户账户	163	习题 6	196
操作 3 设置共享文件夹	166	工作单元 7 网络安全防护	199
操作 4 访问共享文件夹	167	任务 7.1 了解常用网络安全技术	200
任务 6.2 设置共享打印机	169	7.1.1 网络安全的基本要素	200
6.2.1 共享打印机	169	7.1.2 网络面临的安全威胁	201
6.2.2 专用打印服务器	170	7.1.3 常见的网络攻击手段	202
6.2.3 网络打印机	170	7.1.4 常用网络安全措施	203
任务实施	171	任务实施	205
操作 1 打印机的物理连接	171	操作 1 体验木马攻击	205
操作 2 安装和共享本地打印机	171	操作 2 分析校园网采用的网络安全 技术	208
操作 3 设置客户端	174	操作 3 分析其他计算机网络采用的网 络安全技术	208
任务 6.3 配置 DNS 服务器	175	任务 7.2 使用网络扫描工具	208
6.3.1 域名称空间	176	7.2.1 网络安全扫描技术	209
6.3.2 域名命名规则	177	7.2.2 端口扫描技术	209
6.3.3 DNS 服务器	177	任务实施	210
6.3.4 域名解析过程	177	操作 1 利用 SuperScan 进行网络扫描	210
任务实施	179	操作 2 对 SuperScan 相关选项进行 设置	210
操作 1 安装 DNS 服务器	179	任务 7.3 认识和设置防火墙	214
操作 2 创建 DNS 区域	179	7.3.1 防火墙的功能	214
操作 3 创建资源记录	181	7.3.2 防火墙的实现技术	215
操作 4 配置 DNS 客户机	183	7.3.3 防火墙的组网方式	216
任务 6.4 配置 Web 服务器	183	7.3.4 Windows 防火墙	218
6.4.1 WWW 的工作过程	183	任务实施	218
6.4.2 URL	184	操作 1 选择网络位置	218
6.4.3 Internet 信息服务器	185	操作 2 打开与关闭 Windows 防火 墙	219
6.4.4 主目录与虚拟目录	185	操作 3 解除对某些程序的封锁	220
任务实施	186	操作 4 Windows 防火墙的高级安全	
操作 1 安装 Web 服务器 (IIS)	186		
操作 2 利用默认网站发布信息文件	187		
操作 3 设置物理目录和虚拟目录	188		

设置.....	220	操作 2 使用性能监视器.....	244
操作 5 认识企业级网络防火墙.....	222	操作 3 监控共享资源.....	246
任务 7.4 安装和使用防病毒软件.....	222	操作 4 设置远程桌面连接.....	248
7.4.1 计算机病毒及其传播方式.....	222	任务 8.3 处理常见计算机网络故障.....	250
7.4.2 计算机病毒的防御.....	223	8.3.1 处理计算机网络故障的基本步骤.....	250
7.4.3 局域网防病毒方案.....	223	8.3.2 处理计算机网络故障的基本方法.....	251
任务实施.....	225	任务实施.....	252
操作 1 安装防病毒软件.....	225	操作 1 处理网络通信线路常见故障.....	252
操作 2 设置和使用防病毒软件.....	226	操作 2 处理网络设备常见故障.....	254
操作 3 认识企业级防病毒系统.....	230	操作 3 处理网络服务器和 workstation 常见故障.....	258
习题 7.....	230	习题 8.....	259
工作单元 8 网络运行维护.....	233	拓展单元 9 使用虚拟软件模拟网络环境.....	262
任务 8.1 使用网络命令监视网络运行状况.....	234	任务 9.1 使用虚拟机软件 VMware Workstation.....	263
8.1.1 命令行模式的使用.....	234	任务实施.....	263
8.1.2 ping 命令.....	235	操作 1 安装 VMware Workstation.....	263
8.1.3 arp 命令.....	236	操作 2 新建与配置虚拟机.....	264
8.1.4 netstat 命令.....	236	操作 3 认识与配置虚拟机的网络连接.....	267
8.1.5 Net Services.....	236	任务 9.2 使用网络模拟软件 Cisco Packet Tracer.....	270
8.1.6 使用 netsh.....	237	任务实施.....	271
任务实施.....	238	操作 1 安装并运行 Cisco Packet Tracer.....	271
操作 1 检查网络链路是否工作正常.....	238	操作 2 建立网络拓扑.....	272
操作 2 实现 IP 地址和 MAC 地址绑定.....	238	操作 3 配置网络中的设备.....	273
操作 3 查看网络共享资源.....	239	操作 4 测试连通性并跟踪数据包.....	276
操作 4 查看端口的使用情况.....	239	参考文献.....	278
操作 5 监控当前系统服务.....	240		
任务 8.2 使用系统监视工具监视网络性能.....	241		
8.2.1 Windows 事件日志文件.....	241		
8.2.2 Windows 性能监视器.....	241		
任务实施.....	242		
操作 1 使用事件查看器.....	242		

工作单元1

认识计算机网络

计算机网络技术是计算机技术与通信技术相互融合的产物，是计算机应用中一个空前活跃的领域，人们可以借助计算机网络实现信息的交换和共享。如今，计算机网络技术已经深入到人们日常生活和工作的每个角落。本单元的主要目标是认识数据通信系统和计算机网络，认识常见的网络设备和传输介质，了解计算机网络的基本结构，能够利用相关软件绘制网络拓扑结构图。

任务 1.1 认识数据通信系统

任务目的

- (1) 了解数据通信系统的基本模型；
- (2) 了解基本数据传输技术。

工作环境与条件

- (1) 已经联网并能正常运行的计算机网络；
- (2) 已经联网并能正常运行的有线广播、电话、有线电视或其他数据通信系统。

相关知识

数据通信是一门独立的学科,它涉及的范围很广,它的任务就是利用通信媒体传输信息。信息就是知识,数据是信息的表现形式,信息是数据的内容。数据通信就是通过传输介质,采用网络、通信技术来使信息数据化以及传输它。计算机使用 0 和 1 (比特) 数字信号表示数据,计算机网络中的信息通信与共享因为这一台计算机中的比特信号要通过网络传送到另一台计算机中去被处理或使用,从物理上讲,通信系统只使用传输介质传输电流、无线电波或光信号。

1.1.1 数据通信系统

通信的目的就是传递信息,通信中产生和发送信息的一端叫做信源,接收信息的一端叫做信宿,信源和信宿之间的通信线路称为信道。信息在进入信道时要变换为适合信道传输的形式,在进入信宿时又要变换为适合信宿接收的形式。另外,信息在传输过程中可能会受到外界的干扰,这种干扰称为噪声。

数据通信系统的基本模型如图 1-1 所示。

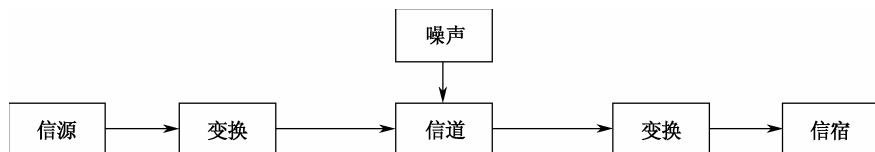


图 1-1 数据通信系统的基本模型

1. 数据与信号

信息一般用数据和信号表示。数据有模拟数据和数字数据两种形式。模拟数据是在一定时间间隔内,连续变化的数据。因为模拟数据具有连续性的特点,所以它可以取无限多个数值。例如声音、电视图像信号等都是连续变化的,都表现为模拟数据。数字数据表现为离散

量的数据，只能取有限个数值。在计算机中一般采用二进制形式，只有“0”和“1”两个数值。在数据通信中，人们习惯将被传输的二进制代码的 0、1 称为码元。

在通信系统中，数据需要转换为信号的形式从一点传到另一点。信号有数字信号和模拟信号两种基本形式。用数字信号进行的传输称为数字传输，用模拟信号进行的传输称为模拟传输。数字信号传输的是不连续的、离散的二进制脉冲信号，而模拟信号是连续变化的、具有周期性的正弦波信号，图 1-2 所示的是两种信号的典型表示。

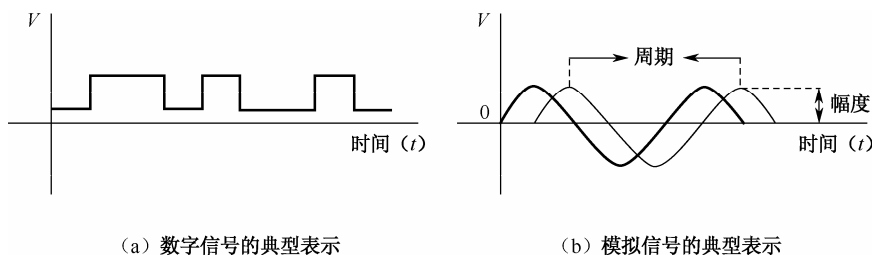


图 1-2 信号的典型表示

数据在计算机中是以离散的二进制数字信号表示的，但在数据通信过程中，它是以数字信号方式表示，还是以模拟信号方式表示，主要取决于选用的通信信道所允许传输的信号类型。如果通信信道不允许直接传输计算机所产生的数字信号，那么就需要在发送端将数字信号变换成模拟信号，在接收端再将模拟信号还原成数字信号，这个过程被称为调制解调。

2. 信道

信道是信号传输的通道，主要包括通信设备和传输介质。传输介质可以是有形介质（如电缆、光纤）或无形介质（如传输电磁波的空间）。信道有物理信道和逻辑信道之分。物理信道指用来传送信号的一种物理通路，由传输介质及有关设备组成。逻辑信道在信号的发送端和接收端之间并不存在一条物理上的传输介质，而是在物理信道的基础上，通过节点设备内部的连接来实现的。

信道可以按多种不同的方法分类，如按照传输介质来分，信道可分为有线信道和无线信道；按照传输信号的种类，信道可分为模拟信道和数字信道；按照使用权限又可分为专用信道和公用信道等。

3. 主要技术指标

数据通信系统的技术指标主要体现在数据传输的质量和数量两方面。质量指信息传输的可靠性，一般用误码率来衡量。而数量指标包括两个，一个是信道的传输能力，用信道容量来表示；另一个指信道上传输信息的速度，相应的指标是数据传输速率。

(1) 数据传输速率

数据传输速率是描述数据传输系统的重要技术指标之一。数据传输速率在数值上等于每秒钟传输所构成数据代码的二进制比特数，单位为比特/秒（bit/second）记做 bps。对于二进制数据，数据传输速率为： $S = 1/t$ (bps)

其中， t 为发送每一比特所需要的时间。例如，如果在通信信道上发送一个比特信号所需要的时间是 0.104ms，那么信道的数据传输速率为 9600bps。在实际应用中，常见的数据传输速率单位有：kbps、Mbps、Gbps。其中：1kbps=10³bps、1Mbps=10⁶bps、1Gbps=10⁹bps。

在模拟信号传输中，有时会使用波特率衡量模拟信号的传输速度，波特率又称为波形速率，指每秒钟传送的波形的个数。

（2）带宽

带宽指频率范围，即最高频率与最低频率的差值，其单位是赫兹（Hz）。在计算机网络中能够遇到的带宽包括信号的带宽和信道的带宽。任何一个实际传输的信号都可以分解成一系列不同频率、不同幅度的正弦信号，其中具有较大能量比率的正弦信号最高频率与最低频率的差值，就是信号的带宽。

信道的带宽是指能够通过信道的正弦信号的频率范围，即信道可传送的正弦信号的最高频率与最低频率之差。例如，一条传输线可以接收 500~3000Hz 的频率，则在这条传输线上传送频率的带宽就是 2500Hz。信道的带宽由传输介质、接口部件、传输协议以及传输信息的特性等多种因素决定。带宽在一定程度上体现了信道的性能，是衡量传输系统的一个重要指标。信道的容量、传输速率和抗干扰性等因素均与带宽有着密切的联系。需要指出的是带宽和数据传输速率之间并没有直接对应的关系，通常信道的带宽越大，信道的容量也就越大，其传输速率相应也高。

一般说来信号能在某信道上传输的前提条件是信号的频率范围在信道可传输的频率范围内，否则就需要对信号进行频谱搬移、压缩等相应的处理。

（3）信道容量

信道是传输信息的通道，具有一定的容量。信道容量指信道能传输信息的最大能力，用单位时间内可传送的最大比特率表示，它决定于信道的带宽、可使用的时间及能通过的信道功率与干扰功率的比值。根据奈奎斯特取样定理，可以认为当信道的带宽为 F 时，在 T 秒内信道最多可传送 $2FT$ 个信息符号。信道容量和信号传输速率之间应满足以下关系，即信道容量 > 传输速率，如果高传输速率的信号在低容量信道上传输。其实际传输速率会受到信道容量的限制，难以达到原有的指标。

（4）误码率

在有噪声的信道中，数据速率的增加意味着传输中出现差错的概率增加。误码率是用来表示传输二进制位时出现差错的概率。误码率近似等于被传错的二进制位数与所传送的二进制总位数的比值。在计算机网络通信系统中，要求误码率低于 10^{-9} 。差错的出现具有随机性，在实际测量数据传输系统时，被测量的传输二进制位数越大，才会越接近于真正的误码率值。在误码率高于规定值时，可以用差错控制的方法进行检查和纠正。

1.1.2 数据的传输方式

数据在线路上的传输方式可以分为单工方式、半双工方式和全双工方式三种。

1. 单工通信方式

在单工通信方式中，数据信息只能向一个方向传输，任何时候都不能改变数据的传送方向。如图 1-3 所示，其中 A 端只能作为发射端发送资料，B 端只能作为接收端接收资料。为使双方能单工通信，还需一根线路用于控制。单工通信的信号传输链路一般由两条线路组成，一条用于传输数据，另一条用于传送控制信号，通常又称为二线制。如：收音机、电视的信号传输方式就是单工通信。

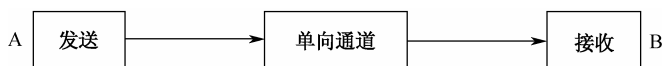


图 1-3 单工通信

2. 半双工通信方式

在半双工通信方式中，数据信息可以双向传送，但必须是交替进行，同一时刻一个信道只允许单方向传送。如图 1-4 所示，其中 A 端和 B 端都具有发送和接收装置，但传输线路只有一条，若想改变信息的传送方向，需由开关进行切换。适用于终端之间的会话式通信，但由于通信中要频繁地调换信道的方向，故效率较低。如：对讲机的通信方式。

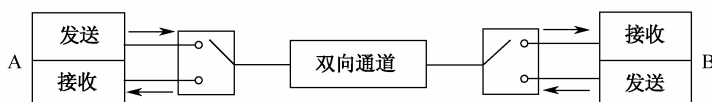


图 1-4 半双工通信

3. 全双工通信方式

全双工通信能在两个方向上同时发送和接收信息，如图 1-5 所示，它相当于把两个相反方向的单工通信方式组合起来，因此一般采用四线制。全双工通信效率高，控制简单，但组成系统造价高，适用于计算机之间通信。如：计算机网络、手机通信的方式。

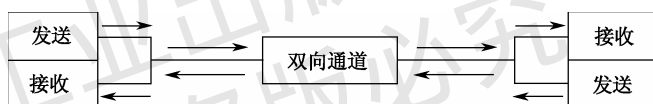


图 1-5 全双工通信

1.1.3 数据传输技术

1. 基带传输

在数据通信中，电信号所固有的基本频率叫基本频带，简称为基带。这种电信号就叫做基带信号。在数字通信信道上，直接传送基带信号的方法称为基带传输。

在发送端基带传输的信源数据经过编码器变换，变为直接传输的基带信号；在接收端由解码器恢复成与发送端相同的数据。基带传输是一种最基本的数据传输方式。

基带传输只能延伸有限的距离，一般不大于 2.5km，当超过上述距离时，需要加中继器，将信号放大和再生，以延长传输距离。基带传输简单、设备费用少、经济，适用于传输距离不长的场合，特别适用于在短距离网络中使用。

2. 频带传输

由于电话交换网是用于传输语音信号的模拟通信信道，并且是目前覆盖面最广的一种通信方式，因此利用模拟通信信道进行数据通信也是最普遍使用的通信方式之一。而频带传输技术就是利用调制器把二进制信号调制成能在公共电话线上传输的音频信号（模拟信号），

将音频信号在传输介质中传送到接收端后，再经过解调器的解调，把音频信号还原成二进制的电信号。频带传输的基本模型如图 1-6 所示。



图 1-6 频带传输的基本模型

频带传输的优点是克服了电话线上不能传送基带信号的缺点，用于语音通信的电话交换网技术成熟，造价较低，而且能够实现多任务的目的，从而提高了通信线路的利用率。但其缺点是数据传输速率和系统效率较低。

3. 宽带传输

宽带系统指具有比原有话音信道带宽更宽的信道。使用这种宽带技术进行传输的系统，称为宽带传输系统。宽带传输系统可以进行高速的数据传输，并且允许在同一信道上进行数字信息和模拟信息服务。

1.1.4 数据编码技术

在数据通信中，编码的作用是用信号来表示数据。计算机中的数据是以离散的二进制比特方式表示的数字数据。计算机数据在计算机网络中传输，通信信道无外乎数字信道和模拟信道两种类型，计算机数据在不同的信道中传输要采用不同的信号编码方式。也就是说，在模拟信道中传输时，要将数据转换为适于模拟信道传输的模拟信号；在数字信道中传输时，又要将数据转换为适于数字信道传输的数字信号。

1. 数字数据的数字信号编码

用数字信号表示数字数据，即用直流电压或电流波形的脉冲序列来表示数字数据的“0”和“1”，就是数字数据的数字信号编码。常用的编码方法有以下几种：

（1）不归零编码 NRZ

不归零编码用无电压表示二进制“0”，用恒定的正电压表示二进制“1”，如图 1-7 所示。不归零编码是效率最高的编码，但如果重复发送“1”，势必要连续发送正电压，如果重复发送“0”，势必要连续不送电压，这样会使某一位码元与其下一位码元之间没有间隙，不易区分识别，因此存在发送方和接收方的同步问题。

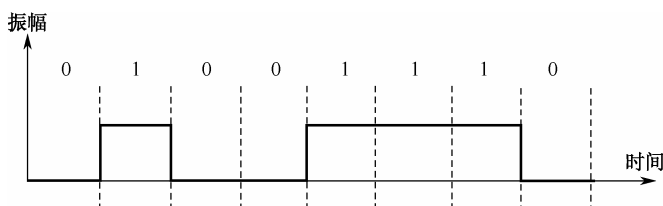


图 1-7 不归零编码

(2) 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码不用电压的高低表示二进制“0”和“1”，而是用电压的跳变来表示的。在曼彻斯特编码中，每一位的中间均有一个跳变，这个跳变既作为数据信号，也作为时钟信号。电压从高到低的跳变表示二进制“1”，从低到高的跳变表示二进制“0”。

(3) 差分曼彻斯特编码

差分曼彻斯特编码是对曼彻斯特编码的改进，每位中间的跳变仅作同步之用，每位的值根据其开始边界是否发生跳变来决定。每位的开始无跳变表示二进制“1”，有跳变表示二进制“0”。图 1-8 显示了对于同一个比特模式的曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码。

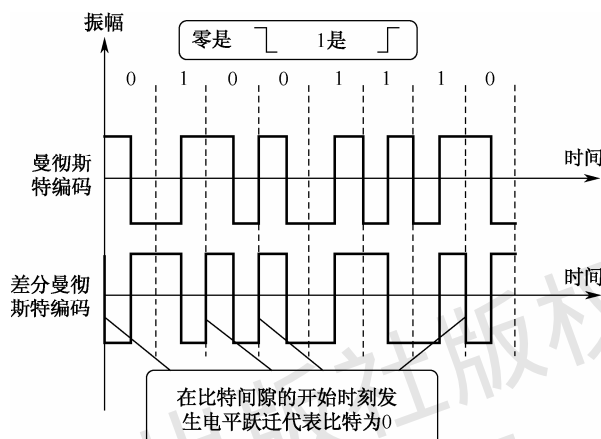


图 1-8 曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码

2. 数字数据的模拟信号编码

要在模拟信道上传输数字数据，首先数字信号要对相应的模拟信号进行调制，即用模拟信号作为载波运载要传送的数字数据。载波信号可以表示为正弦波形式： $f(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ ，其中幅度 A 、频率 ω 和相位 φ 的变化均影响信号波形。因此，通过改变这三个参数可实现对模拟信号的编码。相应的调制方式分别称为幅度调制 ASK、频率调制 FSK 和相位调制 PSK。结合 ASK、FSK 和 PSK 可以实现高速调制，常见的组合是 ASK 和 PSK 的结合。

(1) 幅度调制 ASK

幅度调制即载波的振幅随着数字信号的变化而变化。例如二进制“1”用有载波输出表示，即载波振幅为原始振幅；二进制“0”用无载波输出表示，即载波振幅为零，如图 1-9 (a) 所示。

(2) 频率调制 FSK

频率调制即载波的频率随着数字信号的变化而变化。例如，二进制“1”用载波频率 f_1 来表示；二进制“0”用另一载波频率 f_2 来表示，如图 1-9 (b) 所示。

(3) 相位调制 PSK

相位调制即载波的初始相位随着数字信号的变化而变化。例如，用 180° 相位（反相）的载波来表示二进制“1”；用 0° 相位（正相）的载波来表示二进制“0”，如图 1-9 (c) 所示。

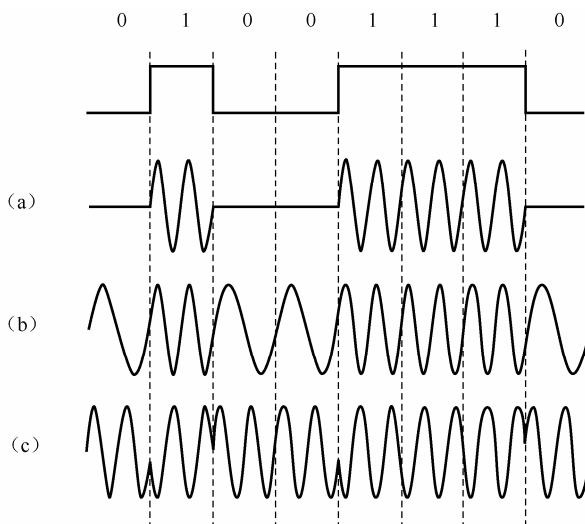


图 1-9 数字数据的模拟信号编码

1.1.5 多路复用技术

在长途通信中，一些高容量的传输通道（如卫星设施、光缆等），其可传输的频率带宽很宽，为了高效合理地利用这些资源，出现了多路复用技术。多路复用就是在单一的通信线路上，同时传输多个不同来源的信息。多路复用原理如图 1-10 所示。从不同发送端发出的信号 $S_1, S_2, \dots, S_n$ ，先由复合器复合为一个信号，再通过单一信道传输至接收端。接收前先由分离器分出各个信号，再被各接收端接收。可见，多路复用需要经复合、传输、分离三个过程。

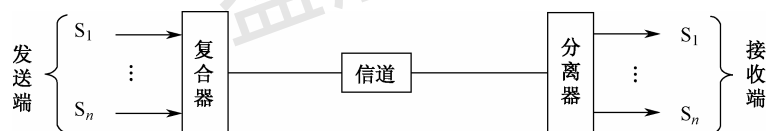


图 1-10 多路复用原理

如何实现各个不同信号的复合与分离，是多路复用技术研究的核心问题。为使不同的信号能够复合为一个信号，要求各信号存在一定的共性；复合的信号能否分离，又取决于各信号有无自己的特征。根据不同信道的情况，事先对被传送的信息进行处理，使之既有复合的可能性，又有分离的条件。也就是说，各信号在复合前可各自做一标记，然后复合、传输。接收时再根据各自的特殊标记并来识别分离它们。常见的多路复用技术有以下几种：

1. 频分多路复用 FDM

频分复用的典型例子有许多，如无线电广播、无线电视中将多个电台或电视台的多组节目对应的声音、图像信号分别载在不同频率的无线电波上，同时，在同一无线空间中传播，接收者根据需要接收特定的某种频率的信号收听或收看。同样，有线电视也是基于同一原理。总之，频分复用是把线路或空间的频带资源分成多个频段，将其分别分配给多个用户，每个用户终端通过分配给它的子频段传输，如图 1-11 所示。在 FDM 频分复用中，各个频段都有

一定的带宽，称之为逻辑信道。为了防止相邻信道信号频率覆盖造成的干扰，在而相邻两个信号的频率段之间设立一定的“保护”带，保护带对应的频率未被使用，以保证各个频带互相隔离不会交叠。

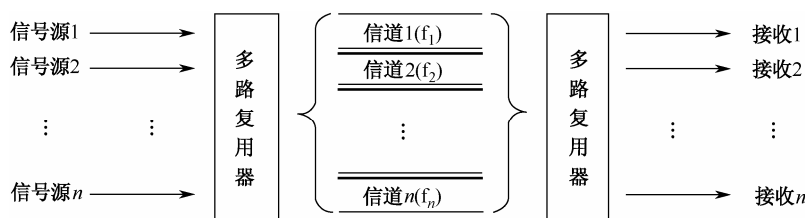


图 1-11 频分多路复用原理

2. 时分多路复用 TDM

时分多路复用是将传输信号的时间进行分割，使不同的信号在不同时间内传送，即将整个传输时间分为许多时间间隔（称为时隙、时间片），每个时间片被一路信号占用。也就是说，TDM 就是通过在时间上交叉发送每一路信号的一部分来实现一条线路传送多路信号。时分多路复用线路上的每一时刻只有一路信号存在，而频分是同时传送若干路不同频率的信号。因为数字信号是有限个离散值，所以适合于采用时分多路复用技术，而模拟信号一般采用频分多路复用。

(1) 同步时分复用

同步时分复用采用固定时间片分配方式，即将传输信号的时间按特定长度连续地划分成特定时间段，再将每一时间段划分成等长度的多个时间片，每个时间片以固定的方式分配给各路数字信号，各路数字信号在每一时间段都顺序分配到一个时间片。如图 1-12 所示。

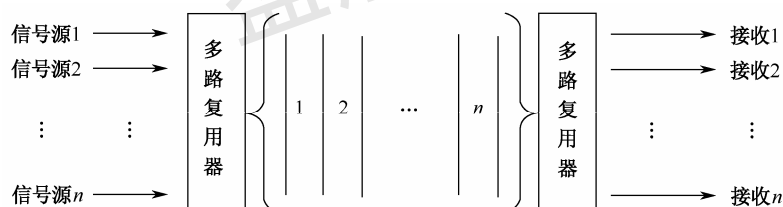


图 1-12 同步时分多路复用原理

由于在同步时分复用方式中，时间片预先分配且固定不变，无论时间片拥有者是否传输数据都占有一定时间片，形成了时间片浪费，其时间片的利用率很低，为了克服同步时分复用的缺点，引入了异步时分复用技术。

(2) 异步时分多路复用

异步时分复用技术能动态地按需分配时间片，避免每个时间段中出现空闲时间片。也就是只有某一路用户有数据要发送时才把时间片分配给它。当用户暂停发送数据时不给它分配线路资源。所以每个用户的传输速率可以高于平均速率（通过多占时间片），最高可达到线路总的传输能力（占有所有的时间片）。如线路总的传输能力为 28.8Kbps，3 个用户公用此线路，在同步时分复用方式中，则每人用户的最高速率为 9600bps，而在异步时分复用方式

时，每个用户的最高速率可达 28.8Kbps。

3. 波分多路复用 WDM

波分多路复用利用了光具有不同的波长的特征，实际上就是光的频分复用。随着光纤技术的使用，基于光信号传输的复用技术得到重视。光的波分多路复用是利用波分复用设备将不同信道的信号调制成不同波长的光，并复用到光纤信道上，由于波长不同，所以各路光信号互不干扰，在接收方，采用波分设备将各路波长的光分解出来，如图 1-13 所示。

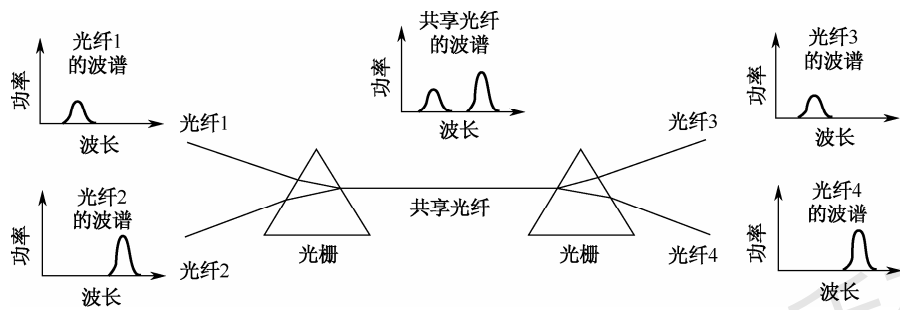


图 1-13 波分多路复用原理

4. 码分多路复用 CDM

码分多路复用也是一种共享信道的方法，每个用户可在同一时间使用同样的频带进行通信，但使用的是基于码型的分割信道的方法，即每个用户分配一个地址码，各个码型互不重叠，通信各方之间不会相互干扰，且抗干扰能力强。

码分多路复用技术主要用于无线通信系统，特别是移动通信系统，它不仅可以提高通信的话音质量和数据传输的可靠性以及减少干扰对通信的影响，而且增大了通信系统的容量，笔记本电脑、个人数字助理（PDA）以及掌上电脑等移动性计算机的联网通信就是使用了这种技术。

1.1.6 异步传输和同步传输

在计算机中，通常是用 8 位的二进制代码来表示一个字符。在数据通信中，人们可以按图 1-14 所示的方式，将待传送的每个字符的二进制代码按由低位到高位顺序依次进行发送，到达对方后，再由通信接收装置将二进制代码还原成字符的方式称为串行通信。串行通信方式的传输速率较低，但只需要在接收端与发送端之间建立一条通信信道，因此费用低。目前，在计算机网络中，主要采用串行通信方式。

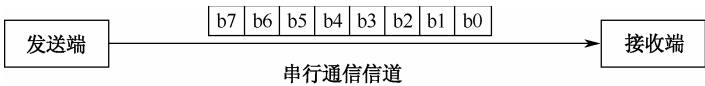


图 1-14 串行通信方式

在逐位传送的串行通信中，接收端必须能识别每个二进制位从什么时刻开始，这就是位定时。通信中一般以若干位表示一个字（或字符），除了位定时外还需要在接收端能识别每个字符从哪位开始，这就是字符定时。

1. 异步传输

异步传输方式指收发两端各自有相互独立的位定时时钟，数据的传输速率是双方约定的，收方利用数据本身来进行同步的传输方式，一般是起止式同步方式。这种方式以字（一般为 8 比特）为单位进行传送，在需传送的字符前设置 1 比特的零电平作为起始位，预告待传送字符即将开始；同时在字符之后，设置 1~2 比特高电平作为终止位，以表示该字符传送结束。该终止位的电平也表示平时不进行通信的状态（即处于“闲”时状态），如图 1-15 所示。在异步方式中，不传送字符时，并不要求收发时钟“同步”，但在传送字符时，要求收发时钟在每一字符中的每一位上“同步”。

异步传输的优点是简单、可靠，常用于面向字符的、低速的异步通信场合。例如，主机与终端之间的交互式通信通常采用这种方式。

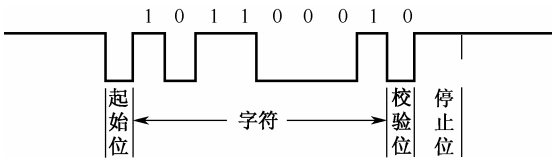


图 1-15 异步传输的数据格式

2. 同步传输

同步传输方式是相对于异步传输方式的，是针对时钟的同步，即指收发双方采用了统一时钟的传输方式。至于统一时钟信号的来源，或是双方有一条时钟信号的信道，或是利用独立同步信号来提取时钟。

同步传输是以数据块为单位的数据传输。每个数据块的头部和尾部都要附加一个特殊的字符或比特序列，标记一个数据块的开始和结束，一般还要附加一个校验序列（如 16 位或 32 位 CRC 校验码），以便对数据块进行差错控制，如图 1-16 所示。在同步传输方式中，是以固定的时钟节拍来传输信号的，即有恒定的传输速率。在串行数据流中，各个信号码元之间相对位置都是固定的，接收方为了从收到的数据流中正确地区分出一个个信号码元，首先必须建立起准确的时钟信号，即位同步，也就是要求收发两方具有一个同步（同频同相）时钟，从而满足收发双方同步工作。与异步方式相比，同步传输方式中的设备，或是双方之间的信道比较复杂，但同步方式没有起止位，所以传输效率较高。

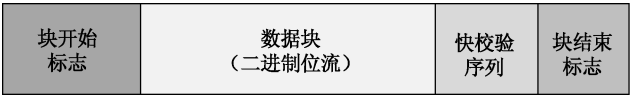


图 1-16 同步传输的数据格式

任务实施 ◀任务实施

操作 1 参观有线广播系统

根据具体的条件，参观所在学校或其他单位的有线广播系统，按照通信系统基本模型了

解该系统的基本组成，查看该系统的主要技术指标，思考该系统采用了何种传输方式和传输技术。

操作 2 参观电话系统

根据具体的条件，参观所在学校或其他单位的内部电话系统，按照通信系统基本模型了解该系统的基本组成，查看该系统的主要技术指标，思考该系统采用了何种传输方式和传输技术。

操作 3 参观计算机网络系统

根据具体的条件，参观所在学校或其他单位的计算机网络系统，按照通信系统基本模型了解该系统的基本组成，查看该系统的主要技术指标，思考该系统采用了何种传输方式和传输技术。

任务 1.2 初识计算机网络

任务目的

- (1) 了解计算机网络的发展和应用；
- (2) 理解计算机网络的定义；
- (3) 理解计算机网络的常用分类方法。

工作环境与条件

- (1) 已经联网并能正常运行的机房和校园网；
- (2) 已经联网并能正常运行的其他网络。

相关知识

1.2.1 计算机网络的产生和发展

计算机网络的发展历史虽然不长，但是发展速度很快，它经历了从简单到复杂、从单机到多机的演变过程，其产生与发展主要包括面向终端的计算机网络、计算机通信网络、计算机互连网络和高速互连网络等四个阶段。

1. 第一代计算机网络

第一代计算机网络是以中心计算机系统为核心的远程联机系统，是面向终端的计算机网络。这类系统除了一台中央计算机外，其余的终端都没有自主处理能力，还不能算作真正的计算机网络，因此也被称为联机系统。但它提供了计算机通信的许多基本技术，是现代计算机网络的雏形。第一代计算机网络的结构如图 1-17 所示。

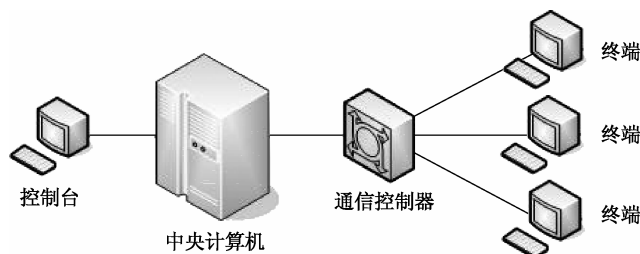


图 1-17 第一代计算机网络结构

目前，我国金融系统等领域广泛使用的多用户终端系统就属于面向终端的计算机网络，只不过其软、硬件设备和通信设施都已更新换代，极大地提高了网络的运行效率。

2. 第二代计算机网络

面向终端的计算机网络只能在终端和主机之间进行通信，计算机之间无法通信。20 世纪 60 年代中期，出现了由多台主计算机通过通信线路互连构成的“计算机-计算机”通信系统，其结构如图 1-18 所示。

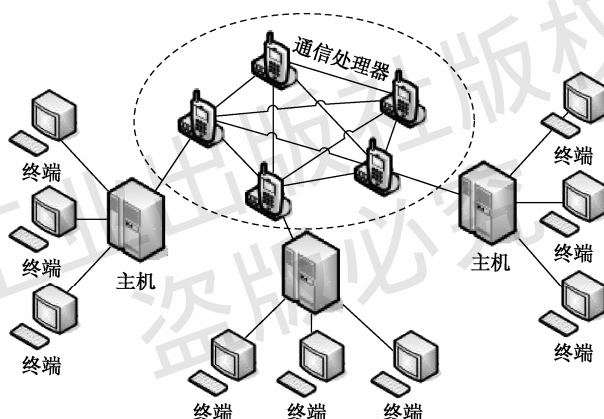


图 1-18 第二代计算机网络结构

在该网络中每一台计算机都有自主处理能力，彼此之间不存在主从关系，用户通过终端不仅可以共享本主机上的软硬件资源，还可共享通信子网上其他主机的软硬件资源。我们将这种由多台主计算机互连构成的，以共享资源为目的网络系统称为第二代计算机网络。第二代计算机网络在概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络打下了良好的基础，它也是今天 Internet 的雏形。

3. 第三代计算机网络

20 世纪 70 年代，各种商业网络纷纷建立，并提出各自的网络体系结构。比较著名的有 IBM 公司于 1974 年公布的系统网络体系结构 SNA（System Network Architecture），DEC 公司于 1975 年公布的分布式网络体系结构 DNA（Distributing Network Architecture）。这些按照不同概念设计的网络，有力地推动了计算机网络的发展和广泛使用。

然而由于这些网络是由研究单位、大学或计算机公司各自研制开发利用的，如果要在更大的范围内，把这些网络互连起来，实现信息交换和资源共享，有着很大困难。为

此，国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）成立了一个专门机构研究和开发新一代的计算机网络。经过多年卓有成效的努力，于1984年正式颁布了“开放系统互连基本参考模型”（Open System Interconnection Reference Model, OSI/RM），该模型为不同厂商之间开发可互操作的网络部件提供了基本依据，从此，计算机网络进入了标准化时代。我们将体系结构标准化的计算机网络称为第三代计算机网络，也称为计算机互联网络。

4. 第四代计算机网络

第四代计算机网络又称高速互联网络（或高速 Internet）。随着互联网的迅猛发展，人们对远程教学、远程医疗、视频会议等多媒体应用的需求大幅度增加。这样，基于传统电信网络为信息载体的计算机互联网络不能满足人们对网络速度的要求，促使网络由低速向高速、由共享到交换、由窄带向宽带迅速发展，即由传统的计算机互联网络向高速互联网络发展。目前对于互联网的主干网来说，各种宽带组网技术日益成熟和完善，以 IP 技术为核心的计算机网络已经成为网络（计算机网络和电信网络）的主体。网络技术可以将整个 Internet 整合成一个巨大的超级计算机，实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、通信资源、软件资源和知识资源的全面共享。

1.2.2 计算机网络的定义

关于计算机网络这一概念的描述，从不同的角度出发，可以给出不同的定义。简单地说，计算机网络就是由通信线路互相连接的许多独立工作的计算机构成的集合体。这里强调构成网络的计算机是独立工作的，这是为了和多终端分时系统相区别。

从应用的角度来讲，只要将具有独立功能的多台计算机连接起来，能够实现各计算机之间信息的互相交换，并可以共享计算机资源的系统就是计算机网络。

从资源共享的角度来讲，计算机网络就是一组具有独立功能的计算机和其他设备，以允许用户相互通信和共享资源的方式互联在一起的系统。

从技术角度来讲，计算机网络就是由特定类型的传输介质（如双绞线、同轴电缆和光纤等）和网络适配器互连在一起的计算机，并受网络操作系统监控的网络系统。

我们可以将计算机网络这一概念系统地定义为：计算机网络就是将地理位置不同，并具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和通信线路连接起来，并且以功能完善的网络软件（网络协议、信息交换方式以及网络操作系统等）实现网络资源共享的系统。

1.2.3 计算机网络的功能

计算机技术和通信技术结合而产生的计算机网络，不仅使计算机的作用范围超越了地理位置的限制，而且也增大了计算机本身的威力，拓宽了服务，使得它在各领域发挥了重要作用，成为目前计算机应用的主要形式。计算机网络主要具有以下功能：

1. 数据通信

数据通信即实现计算机与终端、计算机与计算机间的数据传输，是计算机网络的最基本的功能，也是实现其他功能的基础。如电子邮件、传真、远程数据交换等。

2. 资源共享

资源共享是计算机网络的主要功能，在计算机网络中有很多昂贵的资源，例如大型数据库、巨型计算机等，并非为每一个用户所拥有，所以必须实现资源共享。网络中可共享的资源有硬件资源、软件资源和数据资源，其中共享数据资源最为重要。资源共享的结果是避免重复投资和劳动，从而提高资源的利用率，使系统的整体性能价格比得到改善。

3. 提高系统的可靠性

在一个系统内，单个部件或计算机的暂时失效必须通过替换资源的办法来维持系统的继续运行。而在计算机网络中，每种资源（特别是程序和数据）可以存放在多个地点，用户可以通过多种途径来访问网内的某个资源，从而避免了单点失效对用户产生的影响。

4. 进行分布处理

网络技术的发展，使得分布式计算成为可能。当需要处理一个大型作业时，可以将这个作业通过计算机网络分散到多个不同的计算机系统分别处理，提高处理速度，充分发挥设备的利用率。利用这个功能，可以将分散在各地的计算机资源集中起来进行重大科研项目的联合研究和开发。

5. 集中处理

通过计算机网络，可以将某个组织的信息进行分散、分级、集中处理与管理，这是计算机网络最基本的功能。一些大型的计算机网络信息系统正是利用了此项功能，如银行系统、订票系统等。

1.2.4 计算机网络的分类

计算机网络的分类方法很多，从不同的角度出发，会有不同的分类方法，表 1-1 列举了目前计算机网络的主要分类方法。

表 1-1 计算机网络的分类

分类标准	网络名称
覆盖范围	局域网、城域网、广域网
管理方法	基于客户机/服务器的网络、对等网
网络操作系统	Windows 网络、Netware 网络、UNIX 网络等
网络协议	NETBEUI 网络、IPX/SPX 网络、TCP/IP 网络等
拓扑结构	总线型网络、星型网络、环型网络等
交换方式	线路交换、报文交换、分组交换
传输介质	有线网络、无线网络
体系结构	以太网、令牌环网、AppleTalk 网络等
通信传播方式	广播式网络、点到点式网络

1. 按覆盖范围分类

计算机网络由于覆盖的范围不同，所采用的传输技术也不同，因此按照覆盖范围进行分类，可以较好地反映不同类型网络的技术特征。按覆盖的地理范围，计算机网络可以分为局

域网、城域网和广域网。

（1）局域网

局域网（Local Area Network, LAN）的通信范围一般被限制在中等规模的地理区域内（如一个实验室、一幢大楼、一个校园），主要特点有：

- ① 地理范围有限，参加组网的计算机通常处在 1~2km 的范围内；
- ② 信道的带宽大，数据传输率高，一般为 4Mbps~10Gbps；
- ③ 数据传输可靠，误码率低；
- ④ 局域网大多采用星型、总线型或环型拓扑结构，结构简单，实现容易；
- ⑤ 通常网络归一个单一组织所拥有和使用，也不受任何公共网络当局的规定约束，容易进行设备的更新和新技术的引用，不断增强网络功能。

（2）城域网

城域网（Metropolitan Area Network, MAN）是介于局域网与广域网之间的一种高速网络。最初，城域网主要用来互联城市范围内的各个局域网，目前城域网的应用范围已大大拓宽，能用来传输不同类型的业务，包括实时数据、语音和视频等。其主要特点有：

- ① 地理覆盖范围可达 100km；
- ② 数据传输速率为 50kbps~2.5Gbps 以上；
- ③ 工作站数大于 500 个；
- ④ 误码率小于 10^{-9} ；
- ⑤ 传输介质主要是光纤；
- ⑥ 既可用于专用网，又可用于公用网。

（3）广域网

广域网（Wide Area Network, 简称 WAN）所涉及的范围可以为市、省、国家，乃至世界范围，其中最著名的就是 Internet。其主要特点有：

- ① 分布范围广，一般从几十到几千 km；
- ② 数据传输率差别较大，从 9.6kb/s~22.5Gb/s 以上；
- ③ 误码率较高，一般为 10^{-3} ~ 10^{-5} ；
- ④ 采用不规则的网状拓扑结构；
- ⑤ 属于公用网络。

2. 网络组建属性分类

根据计算机网络的组建、经营和用户，特别是数据传输和交换系统的拥有性，可以将其分为公用网和专用网。

（1）公用网

公用网是由国家电信部门组建并经营管理，面向公众提供服务。任何单位和个人的计算机和终端都可以接入公用网，利用其提供的数据通信服务设施来实现自己的业务。

（2）专用网

专用网往往由一个政府部门或一个公司组建经营，未经许可其他部门和单位不得使用。其组网方式可以由该单位自行架设通信线路，也可利用公用网提供的“虚拟网”功能。

3. 按通信传播方式分类

计算机网络必须通过通信信道完成数据传输,通信信道有广播信道和点到点信道两种类型,因此计算机网络也可以分为广播式网络和点到点式网络。

(1) 广播式网络

在广播式网络中,多个站点共享一条通信信道。发送端在发送消息时,首先在数据的头部加上地址字段,以指明此数据应被哪个站点接收,数据发送到信道上后,所有的站点都将接收到。一旦收到数据,各站点将检查其地址字段,如果是自己的地址,则处理该数据,否则将它丢弃,如图 1-19 所示。广播式网络通常也允许在它的地址字段中使用一段特殊的代码,以便将数据发送到所有站点。这种操作被称为广播(broadcasting)。有些广播式网络还支持向部分站点发送的功能,这种功能被称为组播(multicasting)。

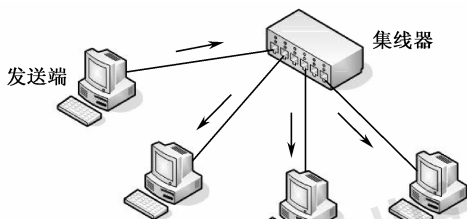


图 1-19 广播式网络

(2) 点到点式网络

点到点式网络的主要特点是一条线路连接一对节点。两台计算机之间常常经过几个节点相连接,如图 1-20 所示。点到点式网络的通信,一般采用存储转发方式,并需要通过多个中间节点进行中转。在中转过程中还可能存在着多条路径,传输成本也可能不同,因此在点到点式网络中路由算法显得特别重要。一般来说,在局域网中多采用广播方式,而在广域网中多采用点到点方式。

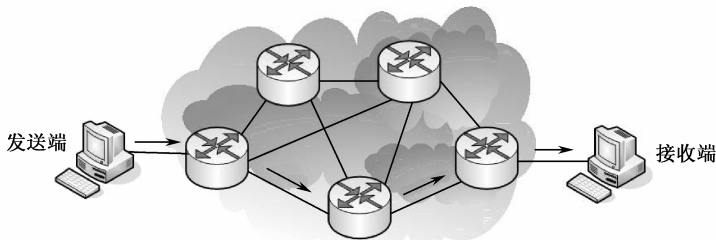


图 1-20 点到点式网络



任务实施 ◀·任务实施

操作 1 参观计算机网络实验室或机房

参观所在学校的计算机网络实验室或机房,根据所学的知识,对该网络的基本功能和类

型进行简单分析；了解不同岗位工作人员的岗位职责。

操作 2 参观校园网

参观所在学校的网络中心和校园网，根据所学的知识，对该网络的基本功能和类型进行简单分析；了解不同岗位工作人员的岗位职责。

操作 3 参观其他计算机网络

根据具体条件，找出一项计算机网络应用的具体实例，对该网络的基本功能和类型进行简单分析；了解不同岗位工作人员的岗位职责。

任务 1.3 认识常用的网络设备

任务目的

- (1) 理解 OSI 参考模型；
- (2) 了解计算机网络的软硬件组成；
- (3) 认识计算机网络中常用的网络设备。

工作环境与条件

- (1) 已经联网并能正常运行的机房和校园网；
- (2) 已经联网并能正常运行的其他网络。

相关知识

1.3.1 网络体系结构

计算机网络是一个非常复杂的系统，需要解决的问题很多并且性质各不相同，所以人们在设计网络时，提出了“分层次”的思想。“分层次”是人们处理复杂问题的基本方法，对于一些难以处理的复杂问题，通常可以分解为若干个较容易处理的小一些的问题。在计算机网络设计中，可以将网络总体要实现的功能分配到不同的模块中，并对每个模块要完成的服务及服务实现过程进行明确的规定，每个模块就叫做一个层次。这种划分可以使不同的网络系统分成相同的层次，不同系统的同等层具有相同的功能，高层使用低层提供的服务时不需要知道低层服务的具体实现方法，从而大大降低了网络的设计难度。因此，层次是计算机网络体系结构中的基本概念。

计算机网络采用层次结构，具有如下优点：

① 各层之间相互独立。高层并不需要知道低层是如何实现的，而仅需要知道该层通过层间的接口所提供的服务。

② 灵活性好。当任何一层发生变化时，只要接口保持不变，则其他各层均不受影响。另外，当某层提供的服务不再需要时，甚至可将其取消。

③ 各层都可以采用最合适的技术来实现，各层实现技术的改变不影响其他层。

④ 易于实现和维护。因为整个系统已被分解为若干个易于处理的部分，这种结构使得一个庞大而又复杂系统的实现和维护变得容易控制。

⑤ 有利于促进标准化。因为每一层的功能和所提供的服务都有了精确的说明。

在计算机网络层次结构中，各层有各层的协议。网络协议对计算机网络是不可缺少的，一个功能完备的计算机网络需要制定一整套复杂的协议集。计算机网络是由多个互连的节点组成，要做到各节点之间有条不紊地交换数据，每个节点都必须遵守一些事先约定好的规则。这些规则明确地规定了所交换数据的格式和时序。这些为网络数据交换而制定的规则、约定与标准被称为网络协议。对于结构复杂的网络协议来说，最好的组织方式是层次结构模型，图 1-21 说明了一个 n 层协议的层次结构。由图可知，协议也是分层的，一台机器上的第 n 层与另一台机器上的第 n 层进行通话时，通话的规则就是第 n 层协议。我们将网络层次结构与各层协议的集合定义为计算机网络体系结构。

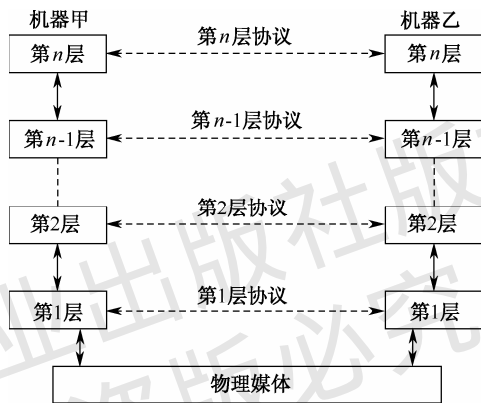


图 1-21 协议层次结构

需要注意的是，在网络层次结构中数据并不是从一台机器的第 n 层直接传送到另一台机器的第 n 层，而是每一层都把数据和控制信息交给其下一层，由底层进行实际的通信。

1.3.2 OSI 参考模型

由于历史原因，计算机和通信工业界的组织机构和厂商，在网络产品方面，制定了不同的协议和标准。为了协调这些协议和标准，提高网络行业的标准化水平，以适应不同网络系统的相互通信，CCITT（国际电报电话咨询委员会）和 ISO（国际标准化组织）认识到有必要使网络体系结构标准化，并组织制订了 OSI（Open System Interconnection，开放系统互连）参考模型。它兼容于现有网络标准，为不同网络体系提供参照，将不同机制的计算机系统联合起来，使它们之间可以相互通信。

当今的网络大多是建立在 OSI 参考模型基础上的。在 OSI 参考模型中，网络的各个功能层分别执行特定的网络操作。理解 OSI 参考模型有助于更好地理解网络，选择合适的组网方案，改进网络的性能。

1. OSI 参考模型的层次结构

OSI 参考模型共分七层结构，从低到高的顺序为：物理层、数据链路层、网络层、传输

层、会话层、表示层和应用层。图 1-22 所示为 OSI 参考模型层次示意图。

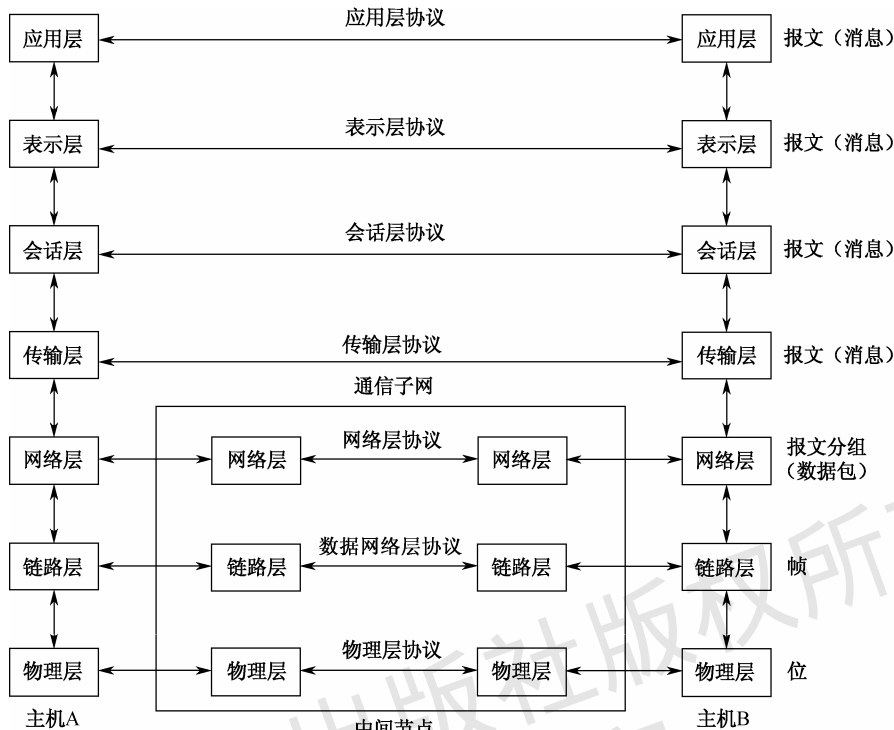


图 1-22 OSI 参考模型

OSI 参考模型各层的基本功能如图 1-23 所示。

1	应用层	→ 为应用程序提供网络服务
2	表示层	→ 数据表示
3	会话层	→ 互连主机通信
4	传输层	→ 端到端连接
5	网络层	→ 确定地址和最佳路径
6	数据链路层	→ 介质访问
7	物理层	→ 二进制传输

图 1-23 OSI 模型各层的功能

（1）物理层

物理层主要提供相邻设备间的二进制（bits）传输，即利用物理传输介质为上一层（数据链路层）提供一个物理连接，通过物理连接透明地传输比特流。所谓透明传输是指经实际物理链路后传送的比特流没有变化，任意组合的比特流都可以在该物理链路上传输，物理层并不知道比特流的含义。物理层要考虑的是如何发送“0”和“1”，以及接收端如何识别。

（2）数据链路层

数据链路层主要负责在两个相邻节点间的线路上无差错地传送以帧（Frame）为单位的

数据，每一帧包括一定的数据和必要的控制信息，接收节点接收到的数据出错时要通知发送方重发，直到这一帧无误地到达接收节点。数据链路层就是把一条有可能出错的实际链路变成让网络层看来好像不出错的链路。

(3) 网络层

网络层的主要功能是将网络地址翻译成对应地物理地址，并决定如何将数据从发送方路由到接收方。该层将数据转换成一种称为分组（Packet）的数据单元，每一个数据包中都含有目的地址和源地址，以满足路由的需要。网络层可对数据进行分段和重组。分段即是指当数据从一个能处理较大数据单元的网络段传送到仅能处理较小数据单元的网络段时，网络层减小数据单元的大小的过程。重组过程即为重构被分段的数据单元。

(4) 传输层

传输层的任务是根据通信子网的特性最佳的利用网络资源，并以可靠和经济的方式为两个端系统的会话层之间建立一条传输连接，以透明的传输报文（Message）。传输层把从会话层接收的数据划分成网络层所要求的数据包，进行传输，并在接收端，再把经网络层传来的数据包运行重新装配，提供给会话层。传输层位于高层和低层的中间，起承上启下的作用，它的下面三层实现面向数据的通信，上面三层实现面向信息的处理，传输层是数据传送的最高一层，也是最重要和最复杂的一层。

(5) 会话层

会话层虽然不参与具体的数据传输，但它负责对数据进行管理，负责为各网络节点应用程序或者进程之间提供一套会话设施，组织和同步它们的会话活动，并管理其数据交换过程。这里“会话”是指两个应用进程之间为交换面向进程的信息而按一定规则建立起来的一个暂时联系。

(6) 表示层

表示层主要提供端到端的信息传输。在 OSI 参考模型中，端用户（应用进程）之间传送的信息数据包含语义和语法两个方面。语义是信息数据的内容及其含义，它由应用层负责处理。语法是与信息数据表示形式有关的方面，例如信息的格式、编码、数据压缩等。表示层主要用于处理应用实体面向交换的信息的表示方法，包含用户数据的结构和在传输时的比特流或字节流的表示。这样即使每个应用系统有各自的信息表示法，但被交换的信息类型和数值仍能用一种共同的方法来表示。

(7) 应用层

应用层是计算机网络与最终用户的界面，提供完成特定网络服务功能所需的各种应用程序协议。应用层主要负责用户信息的语义表示，确定进程之间通信的性质以满足用户的需要，并在两个通信者之间进行语义匹配。

需要注意的是，OSI 参考模型定义的标准框架，只是一种抽象的分层结构，具体的实现则有赖于各种网络体系的具体标准，它们通常是一组可操作的协议集合，对应于网络分层，不同层次有不同的通信协议。

2. OSI 参考模型中信息的流动过程

在 OSI 参考模型中，通信是在系统进程之间进行的。在实际传输过程中，除物理层外，在各对等层之间只有逻辑上的通信，并无直接的通信，较高层间的通信要使用较低层提供的服务。图 1-24 描述了信息在 OSI 参考模型中的流动过程。

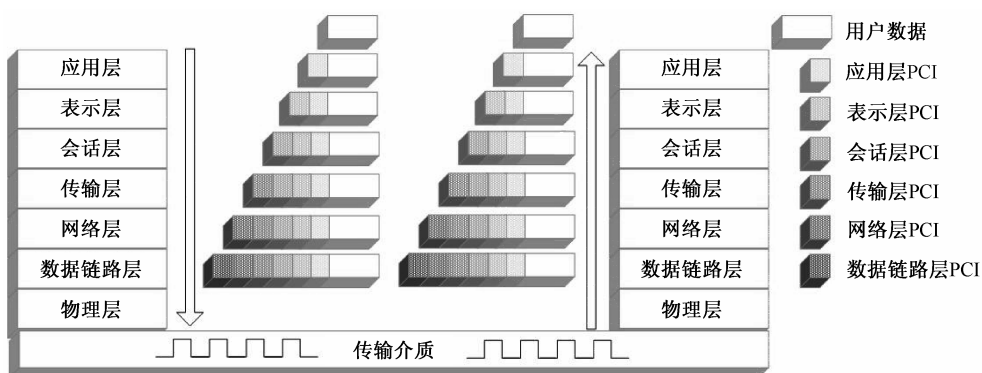


图 1-24 信息在 OSI 参考模型中的流动过程

下面以网络一端的用户 A 向另一端的用户 B 发送电子邮件为例来说明信息的流动过程。其中包括用户 A 向用户 B 的电子邮件服务器发送邮件和用户 B 通过服务器从自己的电子邮箱读取邮件两次通信过程。

用户 A 首先要将电子邮件的内容（用户数据）通过电子邮件应用程序发出，在应用层（电子邮件应用程序的一个进程）把一个报头（PCI，协议控制信息）附加于用户数据上，这个控制信息是第 7 层协议所要求的，组成第 7 层的协议数据单元（用户数据和控制信息作为一个单元整体）。然后将其传送给表示层的一个实体。表示层又把这个单元附加上自己的报头组成第 6 层的协议数据单元再向下层传送。重复这一过程直到数据链路层，数据链路层将网络层送来的协议数据单元封装成帧，然后通过物理层传送到传输介质。当这一帧数据被用户 B 所登录的电子邮件系统服务器接收后，逐层进行理解，并执行相应层次协议控制信息的内容，开始相反的过程。数据从较低层向较高层传输，每层都拆掉其最外层的报头，而把剩余的部分向上传输，一直到服务器电子邮件系统运行的某个进程（对等的应用层），把用户 A 的邮件存放到服务器上用户 B 的电子邮箱中。

当用户 B 在自己的机器上运行电子邮件应用程序，从电子邮箱中读取邮件时，执行的是从电子邮箱所在的服务器向用户 B 的计算机传送数据的通信过程。这个过程可能不止传送用户 A 的邮件，同时传送的还有其它用户发送给用户 B 的邮件。这个过程是两台计算机上运行的电子邮件应用系统进程实体相互理解并执行的过程，即应用层功能。但双方的高层都用到了其他各层的服务。

1.3.3 计算机网络的组成

整个计算机网络是一个完整的体系，就像一台独立的计算机，既包括硬件系统又包括软件系统。

1. 网络硬件

网络硬件包括网络服务器、网络工作站、传输介质和网络设备等。

- ① 网络服务器是网络的核心，是网络的资源所在，它为用户提供了主要的网络资源。
- ② 网络工作站实际上就是一台入网的计算机，它是用户使用网络的窗口。
- ③ 传输介质是网络通信时，信号的载体，包括双绞线、光缆、无线电波等。

④ 网络设备是在网络通信过程中完成特定功能的通信部件，常见的网络设备有集线器、交换机、路由器等。

2. 网络软件

网络软件是一种在网络环境下使用和运行或者控制和管理网络工作的计算机软件。根据软件的功能，计算机网络软件可分为网络系统软件和网络应用软件两大类型。网络系统软件是控制和管理网络运行、提供网络通信、分配和管理共享资源的网络软件，它包括网络操作系统、网络协议软件、通信控制软件和管理软件等。网络应用软件是指为某一个应用目的而开发的网络软件。

网络协议是通信双方关于通信如何进行所达成的协议，常见的网络协议有 TCP/IP 协议、NetBEUI 协议、IPX/SPX 协议等。

网络操作系统是网络软件的核心，用于管理、调度、控制计算机网络的多种资源，目前常用的计算机网络操作系统主要有 UNIX 系列、Windows 系列和 Linux 系列。

① UNIX 本是针对小型机主机环境开发的操作系统，是一种集中式分时多用户体系结构。这种网络操作系统历史悠久，其良好的网络管理功能已为广大网络用户所接受，稳定性和安全性能非常好，但由于它多数是以命令方式来进行操作的，不容易掌握，主要用于大型的网站或大型局域网中。

② Microsoft 的 Windows 系统不仅在个人操作系统中占有绝对优势，它在网络操作系统中也是具有非常强劲的力量。这类操作系统配置在整个局域网配置中是最常见的，但由于它稳定性能不是很高，所以一般只是用在中低档服务器中。在局域网中，Microsoft 的网络操作系统主要有：Windows NT 4.0 Server、Windows 2000 Server、Windows Server 2003 以及 Windows Server 2008 等。

③ Linux 是一个开放源代码的网络操作系统，可以免费得到许多应用程序。目前已经有很多中文版本的 Linux，如 REDHAT（红帽子），红旗 Linux 等，在国内得到了用户充分的肯定。Linux 与 UNIX 有许多类似之处，具有较高的安全性和稳定性。

1.3.4 常用的网络设备

网络设备是在网络通信过程中完成特定功能的通信部件，不同的网络设备在网络中扮演着不同的角色。网络设备和传输介质共同实现了网络的连接。

1. 集线器

集线器（Hub）的主要功能是对接收到的信号进行再生整形放大，以扩大网络的传输距离，同时可以把所有节点集中在以它为中心的节点上，构建物理星型拓扑结构的网络。集线器工作于 OSI 参考模型的物理层，不具备信号的定向传送能力，是标准的共享式设备。随着目前交换机价格的不断下降，集线器的市场已经越来越小，并处于淘汰的边缘。

2. 交换机

交换机（Switch）是一种用于信号转发的网络设备，工作于 OSI 参考模型的数据链路层。网络中的各个节点可以直接连接到交换机的端口上，它可以为接入交换机的任意两个网络节点提供独享的信号通路。除了与计算机相连的端口之外，交换机还可以连接到其他的交换机

以便形成更大的网络。随着计算机网络技术的发展，目前局域网组网主要采用以太网技术，而以太网的核心部件就是以太网交换机，图 1-25 所示为 Cisco 2960 以太网交换机。

【注意】 目前网络中使用的交换机除工作于数据链路层的二层交换机外，还有三层交换机（工作于网络层）、四层交换机（工作于传输层）和七层交换机（工作于应用层）。

3. 路由器

路由器（Router）是 Internet 的主要节点设备，具有判断网络地址和选择路径的功能，工作于 OSI 参考模型的网络层。路由器能在多网络互联环境中，建立灵活的连接，可用完全不同的数据分组和介质访问方法连接各种子网。路由器系统构成了基于 TCP/IP 的 Internet 的主体脉络，因此，在局域网、城域网乃至整个 Internet 研究领域中，路由器技术始终处于核心地位。对于局域网来说，路由器主要用来实现与城域网或 Internet 的连接。图 1-26 所示为 Cisco 2811 路由器。



图 1-25 Cisco 2960 以太网交换机



图 1-26 Cisco 2811 路由器



任务实施 ◀任务实施

操作 1 认识计算机网络实验室或机房网络中的网络设备

参观所在学校的计算机网络实验室或机房，根据所学的知识，了解并熟悉该网络使用的网络设备，列出该网络所使用网络设备的品牌、型号和主要性能指标。

操作 2 认识校园网中的网络设备

参观所在学校的网络中心和校园网，根据所学的知识，了解并熟悉该网络使用的网络设备，列出该网络所使用网络设备的品牌、型号和主要性能指标。

操作 3 认识其他计算机网络中的网络设备

根据具体的条件，找出一项计算机网络应用的具体实例，根据所学的知识，了解并熟悉该网络使用的网络设备，列出该网络所使用网络设备的品牌、型号和主要性能指标。

任务 1.4 认识常用的传输介质

任务目的

- (1) 了解计算机网络中常用的传输介质;
- (2) 熟悉双绞线的结构、分类与性能特点;
- (3) 熟悉光缆的结构、分类与性能特点。

工作环境与条件

- (1) 已经联网并能正常运行的机房和校园网;
- (2) 已经联网并能正常运行的其他网络。

相关知识

传输介质是网络中各节点之间的物理通路或信道,它是信息传递的载体。计算机网络中所采用的传输介质分为两类:一类是有线的;一类是无线的。有线传输介质主要有双绞线、同轴电缆和光缆;无线传输介质包括无线电波和红外线等。

1.4.1 双绞线

双绞线一般由两根遵循 AWG (American Wire Gauge, 美国线规) 标准的绝缘铜导线相互缠绕而成。把两根绝缘的铜导线按一定密度绞在一起,可以降低信号干扰的程度。实际使用时,通常会把多对双绞线包在一个绝缘套管里,用于网络传输的典型双绞线是 4 对的,也可将更多对双绞线放在一个电缆套管里的,称之为双绞线电缆。

双绞线电缆分为非屏蔽双绞线电缆 (UTP) 和屏蔽双绞线电缆 (STP) 两大类,按照传输带宽又可以分为 3 类、4 类、5 类、超 5 类、6 类、超 6 类以及 7 类线。目前,局域网中常用的双绞线是非屏蔽的超 5 类和 6 类线,市场上出售的超 5 类和 6 类双绞线外层绝缘套管上会分别标注 “Cat 5e” 和 “Cat 6” 字样。

1. 屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线

屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线的结构如图 1-27 所示,由图可知屏蔽双绞线电缆最大的特点在于封装在其中的双绞线与外层绝缘套管之间有一层金属材料。该结构能减少辐射,防止信息被窃听,同时还具有较高的数据传输率。但也使屏蔽双绞线电缆的价格相对较高,安装时要比非屏蔽双绞线困难,必须使用特殊的连接器,技术要求也比非屏蔽双绞线电缆高。与屏蔽双绞线相比,非屏蔽双绞线电缆外面只有一层绝缘胶皮,因而质量轻、易弯曲、易安装,组网灵活,非常适用于结构化布线。所以,在无特殊要求的计算机网络布线中,常使用非屏蔽双绞线电缆。

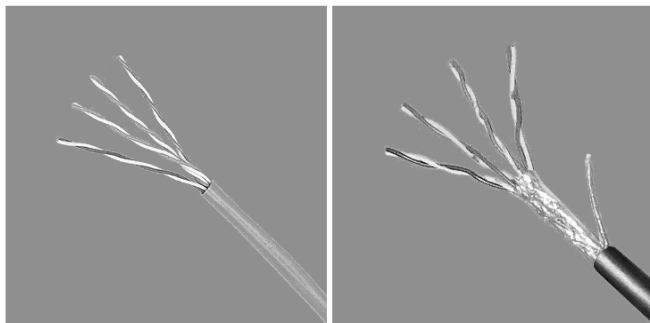


图 1-27 屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线

2. 双绞线的电缆等级

类（category）是用来区分双绞线电缆等级的术语，不同的等级对双绞线电缆中的导线数目、导线扭绞数量以及能够达到的数据传输速率等具有不同的要求。

（1）3 类双绞线

3 类双绞线带宽为 16 MHz，传输速率可达 10Mbps。它被认为是 10Base-T 以太网安装可以接受的最低配置电缆，但现在已不再推荐使用。目前 3 类双绞线电缆仍在电话布线系统中有着一定程度的使用。

（2）4 类双绞线

4 类双绞线电缆用来支持 16Mbps 的令牌环网，测试通过带宽为 20MHz，传输速率达 16 Mbps。

（3）5 类双绞线

5 类双绞线电缆是用于快速以太网的双绞线电缆，最初指定带宽为 100MHz，传输速率达 100Mbps。在一定条件下，5 类双绞线电缆可以用于 1000Base-T 网络，但要达到此目的，必须在电缆中同时使用多对线对以分摊数据流。目前，5 类双绞线电缆仍广泛使用于电话、保安、自动控制等网络中，但在计算机网络布线中已失去市场。

（4）超 5 类双绞线

超 5 类双绞线电缆的传输带宽为 100MHz，传输速率可达到 100Mbps。与 5 类电缆相比，具有更多的扭绞数目，可以更好地抵抗来自外部和电缆内部其他导线的干扰，从而提升了性能，在近端串扰、相邻线对综合近端串扰、衰减和衰减串扰比 4 个主要指标上都有了较大的改进。因此超 5 类双绞线电缆具有更好的传输性能，更适合支持 1000Base-T 网络，是目前计算机网络布线常用的传输介质。

（5）6 类双绞线电缆

6 类双绞线电缆主要应用于快速以太网和千兆位以太网中，传输带宽为 200~250 MHz，是 5 类线和超 5 类电缆带宽的 2 倍，最大速度可达到 1000Mbps。6 类双绞线电缆改善了串扰以及回波损耗方面的性能，更适合于全双工的高速千兆网络的传输需求。

（6）超 6 类双绞线电缆

超 6 类双绞线电缆主要应用于千兆位以太网中，传输带宽是 500MHz，最大传输速度为 1000Mbps，与 6 类电缆相比，其在串扰、衰减等方面有了较大改善。

（7）7 类双绞线电缆

7 类双绞线电缆全部采用屏蔽结构,能有效抵御线对之间的串扰,使得在同一根电缆上实现多个应用成为可能,其传输带宽为 600 MHz,是 6 类线的 2 倍以上,传输速率可达 10Gb/s,主要用来支持万兆位以太网的应用。

1.4.2 同轴电缆

同轴电缆是根据其构造命名的,铜导体位于核心,外面被一层绝缘体环绕,然后是一层屏蔽层,最外面是外护套,所有这些层都是围绕中心轴(铜导体)构造,因此这种电缆被称为同轴电缆,如图 1-28 所示。

同轴电缆主要有以下类型:

① 50Ω 同轴电缆:也称作基带同轴电缆,特性阻抗为 50Ω,主要用于无线电和计算机局域网络。曾经广泛应用于传统以太网的粗缆和细缆就属于基带同轴电缆。

② 75Ω 同轴电缆:也称作宽带同轴电缆,特性阻抗为 75Ω,主要用于视频传输,其屏蔽层通常是用铝冲压而成的。

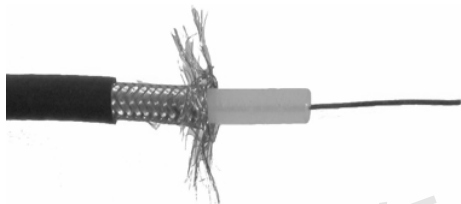


图 1-28 同轴电缆

在一些应用中,同轴电缆仍然优于双绞线电缆。首先双绞线电缆的导线尺寸较小,没有包含在同轴电缆中的铜缆结实,因此同轴电缆可以应用于许多无线电传输领域。另外同轴电缆能传输很宽的频带,从低频到甚高频,因此特别适合传输宽带信号(如有线电视系统、模拟录像等)。同轴电缆也有固有的缺点,例如安装时屏蔽层必须正确接地,否则会造成更大的干扰。另外一些同轴电缆的直径较大,会占用很大的空间。更重要的是同轴电缆支持的数据传输速度只有 10Mbps,无法满足目前局域网的传输速度要求,所以在计算机局域网布线中,已不再使用同轴电缆。

1.4.3 光纤

光纤即光导纤维,是一种传输光束的细而柔韧的媒质。光导纤维线缆由一捆光导纤维组成,简称为光缆。与铜缆相比,光缆本身不需要电,虽然其在铺设初期阶段所需的连接器、工具和人工成本很高,但其不受电磁干扰和射频干扰的影响,具有更高的数据传输率和更远的传输距离,并且不用考虑接地问题,对各种环境因素具有更强的抵抗力。这些特点使得光缆在某些应用中更具吸引力,成为目前计算机网络中常用的传输介质之一。

1. 光纤的结构

计算机网络中的光纤主要是采用石英玻璃制成的,横截面积较小的双层同心圆柱体。裸光纤由光纤芯、包层和涂覆层组成,如图 1-29 所示。折射率高的中心部分叫做光纤芯,折射率低的外围部分叫包层。光以不同的角度进入光纤芯,在包层和光纤芯的界面发生反射,进行远距离传输。

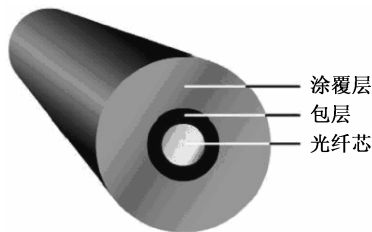


图 1-29 裸光纤的结构

2. 光纤通信系统

光纤通信系统是以光波为载体、以光纤为传输介质的通信方式。光纤通信系统的组成如图 1-30 所示。在光纤发送端,主要采用两种光源:发光二极管 LED 与注入型激光二极管 ILD。在接收端将光信号转换成电信号时,要使用光电二极管 PIN 检波器。

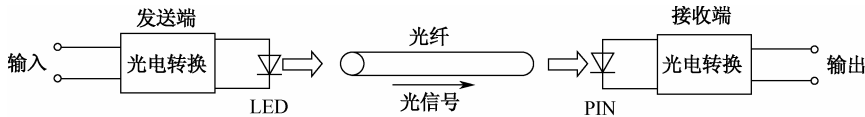


图 1-30 光纤通信系统

3. 单模光纤和多模光纤

光纤有两种形式：单模光纤和多模光纤。单模光纤使用光的单一模式传送信号，而多模光纤使用光的多种模式传送信号。光传输中的模式是指一根以特定角度进入光纤芯的光线，因此可以认为模式是指以特定角度进入光纤的具有相同波长的光束。

单模光纤和多模光纤在结构以及布线方式上有很多不同，如图 1-31 所示。单模光纤只允许一束光传播，没有模分散的特性，光信号损耗很低，离散也很小，传播距离远，单模导入波长为 1310nm 和 1550 nm。多模光纤是在给定的工作波长上，以多个模式同时传输的光纤，从而形成模分散，限制了带宽和距离，因此，多模光纤的芯径大，传输速度低、距离短，成本低，多模导入波长为 850nm 和 1300nm。

单模光纤	多模光纤
聚合物涂层 玻璃包层 125μmd/a 光纤芯 (直径5.8μm) 要求非常直的路径	涂层 玻璃包层 125μmd/a 光纤芯 (直径50μm) 多路径混合
◆ 纤芯小 ◆ 低色散 ◆ 适合远距离应用 (3km左右) ◆ 经常用于距离几千米的园区骨干网	◆ 纤芯比单模大 ◆ 容许较大色散, 因此信号有损耗 ◆ 用于长距离应用, 但比单模短 (2km左右) ◆ 可以使用LED作为光源, 经常用于局域网或几百米的园区网中

图 1-31 单模光纤和多模光纤的比较

多模光纤可以使用 LED 作为光源，而单模光纤必须使用激光光源，从而可以把数据传输到更远的距离。由于这些特性，单模光纤主要用于建筑物之间的互联或广域网连接，多模光纤主要用于建筑物内的局域网干线连接。

单模光纤和多模光纤的纤芯和包层具有多种不同的尺寸，尺寸的大小将决定光信号在光纤中的传输质量。目前常见的单模光纤主要有 8.3μm/125μm（纤芯直径/包层直径）、9μm /125μm 和 10μm /125μm 等规格；常见的多模光纤主要有 50μm /125μm、62.5μm /125μm、100μm/140μm 等规格。局域网布线中主要使用具有 62.5μm /125μm 的多模光纤；在传输性

能要求更高的情况下也可以使用 50 μ m /125 μ m 的多模光纤。

4. 光纤通信系统的特点

与铜缆相比，光纤通信系统的主要优点有：

- ① 传输频带宽，通信容量大；
- ② 线路损耗低，传输距离远；
- ③ 抗干扰能力强，应用范围广；
- ④ 线径细，质量轻；
- ⑤ 抗化学腐蚀能力强；
- ⑥ 光纤制造资源丰富。

与铜缆相比，光纤通信系统的主要缺点有：

- ① 初始投入成本比铜缆高；
- ② 更难接受错误的使用；
- ③ 光纤连接器比铜连接器脆弱；
- ④ 端接光纤需要更高级别的训练和技能；
- ⑤ 相关的安装和测试工具价格高。

5. 光缆的种类

光缆有多种结构，它可以包含单一或多根光纤束、不同类型的绝缘材料、包层甚至铜导体，以适应各种不同环境、不同要求的应用。光缆有多种分类方法，目前在计算机网络中主要按照光缆的使用环境和敷设方式对光缆进行分类。

(1) 室内光缆

室内光缆的抗拉强度较小，保护层较差，但也更轻便、更经济。室内光缆主要适用于建筑物内的计算机网络布线。

(2) 室外光缆

室外光缆的抗拉强度比较大，保护层厚重，在计算机网络中主要用于建筑物外网络布线，根据敷设方式的不同，室外光缆可以分为架空光缆、管道管缆、直埋光缆、隧道光缆和水底光缆等。

(3) 室内/室外通用光缆

由于敷设方式的不同，室外光缆必须具有与室内光缆不同的结构特点。室外光缆要承受水蒸汽扩散和潮气的侵入，必须具有足够的机械强度及对啮咬等的保护措施。室外光缆由于有 PE 护套及易燃填充物，不适合室内敷设，因此人们在建筑物的光缆入口处为室内光缆设置了一个移入点，这样室内光缆才能可靠地在建筑物内进行敷设。室内/室外通用光缆既可在室内也可在室外使用，不需要在室外向室内的过渡点进行熔接。



任务实施 ◀·任务实施

操作 1 认识计算机网络实验室或机房网络中的传输介质

参观所在学校的计算机网络实验室或机房，根据所学的知识，了解并熟悉该网络使用的

传输介质，列出该网络所使用传输介质的品牌、型号和主要性能指标。

操作2 认识校园网中的传输介质

参观所在学校的网络中心和校园网，根据所学的知识，了解并熟悉该网络使用的传输介质，列出该网络所使用传输介质的品牌、型号和主要性能指标。

操作3 认识其他计算机网络中的传输介质

根据具体的条件，找出一项计算机网络应用的具体实例，根据所学的知识，了解并熟悉该网络使用的传输介质，列出该网络所使用传输介质的品牌、型号和主要性能指标。

任务 1.5 绘制网络拓扑结构图

任务目的

- (1) 熟悉常见的网络拓扑结构；
- (2) 能够正确阅读网络拓扑结构图；
- (3) 能够利用常用绘图软件绘制网络拓扑结构图。

工作环境与条件

- (1) 已经联网并能正常运行的机房和校园网；
- (2) 安装 Windows 7 或 Windows Server 2008 R2 操作系统的 PC；
- (3) Microsoft Office Visio Professional 应用软件。

相关知识

计算机网络的拓扑 (Topology) 结构，是指网络中的通信线路和各节点之间的几何排列，它是解释一个网络物理布局的形式图，主要用来反映各个模块之间的结构关系。它影响着整个网络的设计、功能、可靠性和通信费用等方面，是研究计算机网络的主要环节之一。

计算机网络的拓扑结构主要有总线型、环型、星型、树型、不规则网状等类型。拓扑结构的选择往往与传输介质的选择和介质访问控制方法的确定紧密相关，并决定着对网络设备的选择。

1.5.1 总线型结构

总线型结构是用一条电缆作为公共总线，入网的节点通过相应接口连接到总线上，如图 1-32 所示。在这种结构中，网络中的所有节点处于平等的通信地位，都可以把自己要发送的信息送入总线，使信息在总线上传播，属于分布式传输控制关系。

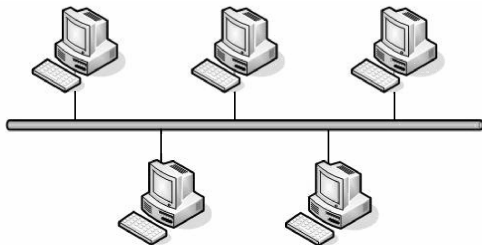


图 1-32 总线型结构

优点：节点的插入或拆卸比较方便，易于网络的扩充。

缺点：可靠性不高，如果总线出了问题，整个网络都不能工作，并且查找故障点比较困难。

1.5.2 环型结构

在环型结构中，节点通过点到点通信线路连接成闭合环路，如图 1-33 所示。环中数据将沿一个方向逐站传送。

优点：拓扑结构简单，控制简便，结构对称性好。

缺点：环中每个节点与连接节点之间的通信线路都会转为网络可靠性的瓶颈，环中任何一个节点出现线路故障，都可能造成网络瘫痪，环中节点的加入和撤出过程都比较复杂。

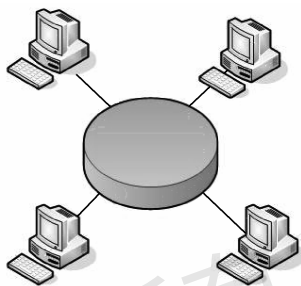


图 1-33 环型结构

1.5.3 星型结构

在星型结构中，节点通过点到点通信线路与中心节点连接，如图 1-34 所示。目前在局域网中主要使用交换机充当星型结构的中心节点，控制全网的通信，任何两节点之间的通信都要通过中心节点。

优点：结构简单，易于实现，便于管理，是目前局域网中最基本的拓扑结构。

缺点：网络的中心节点是全网可靠性的瓶颈，中心节点的故障将造成全网瘫痪。

1.5.4 树型结构

在树型结构中，节点按层次进行连接，如图 1-35 所示，信息交换主要在上下节点之间进行。树型结构有多个中心节点（通常使用交换机），各个中心节点均能处理业务，但最上面的主节点有统管整个网络的能力。目前的大中型局域网几乎全部采用树型结构。

优点：通信线路连接简单，网络管理软件也不复杂，维护方便。

缺点：可靠性不高，如中心节点出现故障，则和该中心节点连接的节点均不能工作。

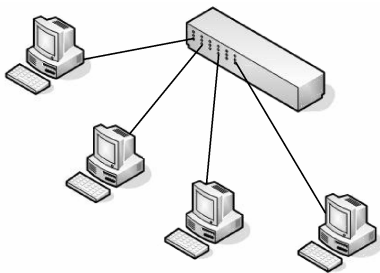


图 1-34 星型结构

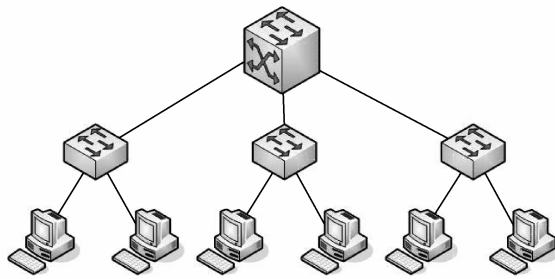


图 1-35 树型结构

1.5.5 网状结构

在网状结构中，各节点通过冗余复杂的通信线路进行连接，并且每个节点至少与其他两个节点相连，如果有导线或节点发生故障，还有许多其他的通道可供进行两个节点间的通信，

如图 1-36 所示。网状结构是广域网中的基本拓扑结构，不常用于局域网，其网络节点主要使用路由器。

优点：两个节点间存在多条传输通道，具有较高的可靠性。

缺点：结构复杂，实现起来费用较高，不易管理和维护。

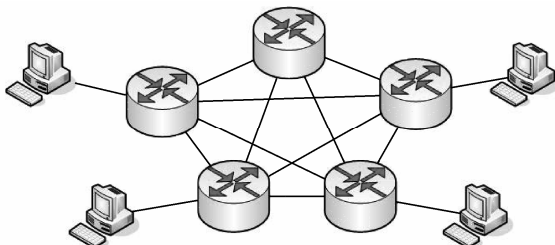


图 1-36 网状结构



任务实施 ◀·任务实施

操作 1 分析局域网拓扑结构

① 认真阅读如图 1-37 所示的某局域网拓扑结构图，思考该网络是由哪些硬件组成的，这些硬件采用了什么样的拓扑结构连接在一起。

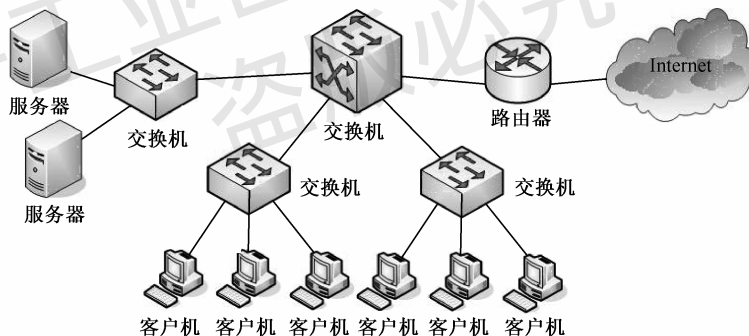


图 1-37 某局域网拓扑结构图

② 观察所在网络实验室或机房的网络拓扑结构，在纸上画出该网络的拓扑结构图，分析该网络为什么要采用这种拓扑结构。

操作 2 利用 Visio 软件绘制网络拓扑结构图

Visio 系列软件是微软公司开发的高级绘图软件，属于 Office 系列，可以绘制流程图、网络拓扑图、组织结构图、机械工程图、流程图等。下面是使用 Microsoft Office Visio Professional 2003 应用软件绘制网络拓扑结构的基本步骤。

① 运行 Microsoft Office Visio Professional 2003 应用软件，打开 Visio 2003 主界面，如图 1-38 所示。



图 1-38 Visio 2003 主界面

② 在 Visio 2003 主界面左边“类别”列表中选择“网络”选项，然后在中间窗格中选择对应的模板，如“详细网络图”，此时可打开“详细网络图”绘制界面，如图 1-39 所示。

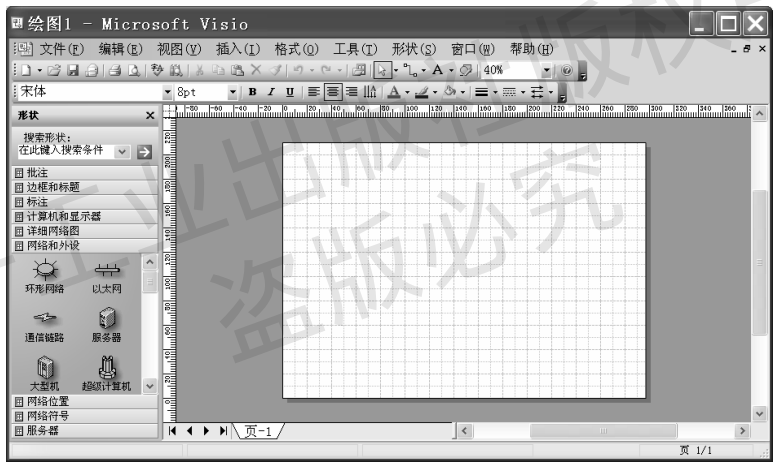


图 1-39 “详细网络图”绘制界面

③ 在“详细网络图”绘制界面左侧的形状列表中选择相应的形状，按住鼠标左键把相应形状拖到右侧窗格中的相应位置，然后松开鼠标左键，即可得到相应的图元。如图 1-40 所示，在“网络和外设”形状列表中分别选择“交换机”和“服务器”，并将其拖至右侧窗格中的相应位置。

④ 可以在按住鼠标左键的同时拖动四周的绿色方格来调整图元大小，可以通过按住鼠标左键的同时旋转图元顶部的绿色小圆圈来改变图元的摆放方向，也可以通过把鼠标放在图元上，在出现 4 个方向的箭头时按住鼠标左键以调整图元的位置。如要为某图元标注型号可单击工具栏中的“文本工具”按钮，即可在图元下方显示一个小的文本框，此时可以输入型号或其他标注，如图 1-41 所示。

⑤ 可以使用工具栏中的“连接线工具”完成图元间的连接。在选择了该工具后，单击要连接的两个图元之一，此时会有一个红色的方框，移动鼠标选择相应的位置，当出现紫色

星状点时按住鼠标左键，把连接线拖到另一图元，注意此时如果出现一个大的红方框则表示不宜选择此连接点，只有当出现小的红色星状点即可松开鼠标，连接成功。图 1-42 所示为交换机与一台服务器的连接。

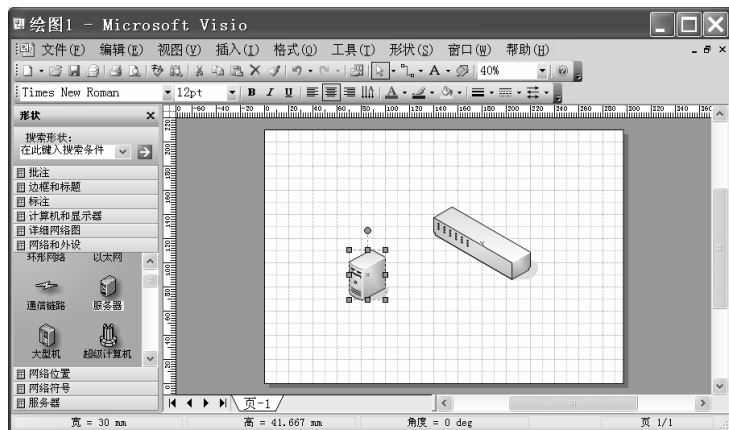


图 1-40 图元拖放到绘制平台后的图示

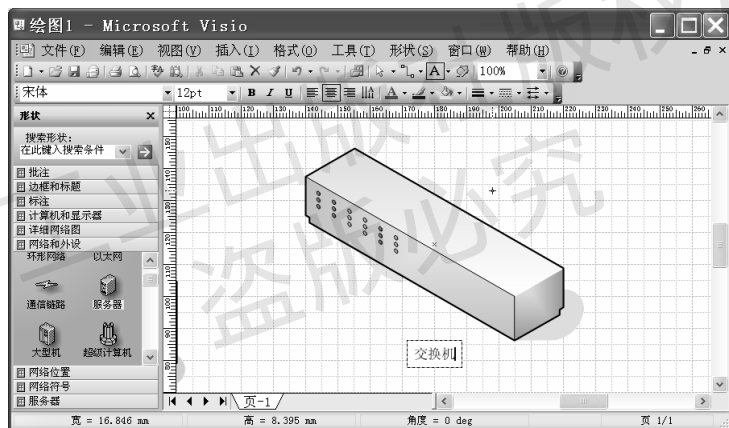


图 1-41 给图元输入标注

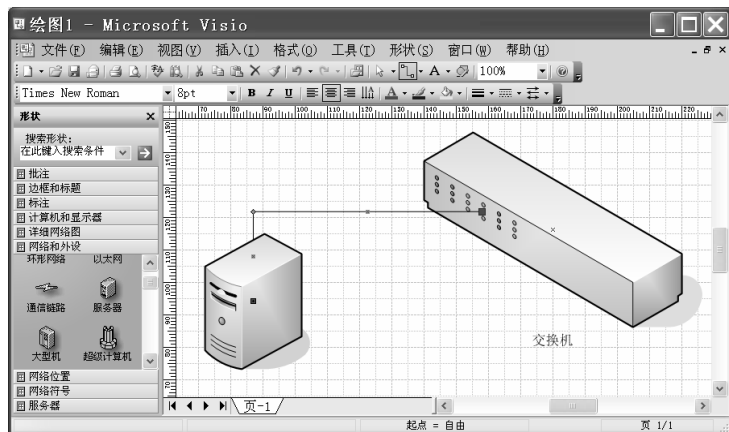


图 1-42 交换机与一台服务器的连接

⑥ 把其他网络设备图元一一添加并与网络中的相应设备图元连接起来,当然这些设备图元可能会在左侧窗格中的不同类别形状选项中。如果在已显示的类别中没有,则可通过单击工具栏中的按钮,打开类别选择列表,从中可以添加其他类别的形状。

⑦ Microsoft Office Visio Professional 2003 应用软件的使用方法比较简单,操作方法与 Word 类似,这里不再赘述。请按照上述方法画出如图 1-37 所示的网络拓扑结构图,并将该图保存为“JPEG 文件交换格式”的图片文件。

⑧ 请使用 Microsoft Office Visio Professional 2003 应用软件画出所在网络实验室或机房的网络拓扑结构图,并将该图保存为“JPEG 文件交换格式”的图片文件。

操作 3 绘制校园网拓扑结构图

参观所在学校的网络中心和校园网,根据所学的知识,分析校园网的拓扑结构,利用 Microsoft Office Visio Professional 2003 应用软件绘制校园网的拓扑结构图,并将该图保存为“JPEG 文件交换格式”的图片文件。

习 题 1

1. 单项选择题

(1) () 通信信道的每一端可以是接收端,信息可以从一端传到另一端,也可以从另一端传回该端,但在同一时刻,信息只能有一个传输方向。

- A. 半双工通信
- B. 全双工通信
- C. 有线传输
- D. 无线传输

(2) 计算机系统内部数据传输主要为并行传输,计算机与计算机之间的数据传输主要是 ()。

- A. 半双工通信
- B. 串行传输
- C. 有线传输
- D. 并行传输

(3) () 是指可以不失真地传输信号的频道范围,通常被称为信道的通频带。

- A. 数据传输速率
- B. 数据传输质量
- C. 数据信道带宽
- D. 数据传输距离

(4) 数据传输之前,先要对其进行 ()。

- A. 编码
- B. 解码
- C. 压缩
- D. 解压

(5) 电视传输技术就是应用了 () 原理。

- A. 频分多路复用
- B. 时分多路复用
- C. 波分多路复用
- D. 码分多址复用

(6) () 主要应用于企事业单位内部,可作为办公自动化网络和专用网络。

- A. 公网
- B. 局域网
- C. 城域网
- D. 广域网

(7) Internet 是最大最典型的 ()。

- A. 公网
- B. 局域网
- C. 城域网
- D. 广域网

(8) () 网络的缺点是：由于采用中央结点集中控制，一旦中央结点出现故障，将导致整个网络瘫痪。

- A. 星型结构 B. 总线结构 C. 环型结构 D. 树型结构

(9) 在一个办公室内，将 6 台计算机用交换机连接成网络，该网络的物理拓扑结构为 ()。

- A. 星型结构 B. 总线结构 C. 环型结构 D. 树型结构

(10) OSI 参考模型分为 () 层。

- A. 5 B. 6 C. 7 D. 8

(11) () 是 OSI 参考模型的第 3 层，介于数据链路层和传输层之间。

- A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 传输层

(12) () 也称运输层，是两台计算机经过网络进行数据通信时，第一个端到端的层次，具有缓冲作用。

- A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 传输层

(13) () 在 OSI 参考模型中处于最上层，由应用程序组成，它为最终用户提供服务。

- A. 网络层 B. 传输层 C. 会话层 D. 应用层

(14) 下列几种传输介质中，传输速率最高的是 ()。

- A. 双绞线 B. 红外线 C. 同轴电缆 D. 光缆

(15) () 是数据链路层的设备，它能够读取数据包的 MAC 地址信息并根据 MAC 地址来进行交换。

- A. 集线器 B. 二层交换机 C. 三层交换机 D. 路由器

(16) () 是实现路由功能的设备。它能够根据网络层信息，对包含有网络目的地址和信息类型的数据进行更好的转发。

- A. 集线器 B. 二层交换机 C. 路由器 D. 中继器

(17) 常被用于局域网的主干线缆是 ()。

- A. 高压电线 B. 双绞线电缆 C. 同轴电缆 D. 光缆

2. 多项选择题

(1) 双工通信方式中又可分为 ()。

- A. 半双工通信 B. 全双工通信
C. 有线传输 D. 无线传输

(2) 下列属于数据传输系统技术指标的有 ()。

- A. 数据传输距离 B. 数据传输速率
C. 数据传输质量 D. 数据信道带宽与容量

(3) 在传输线路上，传输的信号可以是 ()。

- A. 微波信号 B. 数字信号 C. 长波信号 D. 模拟信号

(4) 计算机网络按照网络覆盖区域范围可以分为 ()。

- A. 公网 B. 局域网 C. 城域网 D. 广域网

(5) 局域网的基本特点包括 ()。

- A. 地理范围有限 B. 节点数目有限
C. 较高的数据传输速率 D. 低时延和低误码率

- (6) 下列属于星型拓扑结构优点的是 ()。
- A. 利用中央节点可方便地提供服务和重新配置网络
 - B. 各个连接点的故障只影响一个设备, 不会影响全网
 - C. 容易检测和隔离故障, 便于维护
 - D. 任何一个连接只涉及中央节点和一个节点, 因此控制介质访问的方法很简单
- (7) 下列属于网状拓扑结构特点的是 ()。
- A. 网络结构冗余度大
 - B. 稳定性好
 - C. 线路利用率不高
 - D. 经济性较差
- (8) 局域网拓扑结构有 ()。
- A. 总线型网络
 - B. 星型网络
 - C. 环型网络
 - D. 球型网络
- (9) 在网络中, 计算机可扮演 () 三种角色。
- A. 客户机
 - B. 路由器
 - C. 对等机
 - D. 服务器
- (10) 下列属于有线传输介质的有 ()。
- A. 双绞线
 - B. 红外线
 - C. 同轴电缆
 - D. 光缆
- (11) 一般来说, 局域网的硬件系统包括 ()。
- A. 服务器、网络工作站
 - B. 网络接口卡
 - C. 网络设备、传输介质
 - D. 介质连接器、适配器
- (12) 下列属于网络层的互联设备的有 ()。
- A. 集线器
 - B. 二层交换机
 - C. 三层交换机
 - D. 路由器
- (13) 光缆的优点有 ()。
- A. 传输速度非常快
 - B. 衰减小
 - C. 抗电磁干扰能力强
 - D. 价格便宜

3. 问答题

- (1) 什么是单工、半双工和全双工通信? 试举例说明。
- (2) 要在数字信道中传输二进制数据“10010101”, 试写出该数字数据的不归零编码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码。
- (3) 计算机网络的发展可划分为几个阶段? 每个阶段各有什么特点?
- (4) 简述计算机网络的常用分类方法。
- (5) 简述 OSI 参考模型各层的功能。
- (6) 简述计算机网络的组成。
- (7) 目前计算机网络中主要使用了哪些设备? 这些设备分别工作于 OSI 参考模型的哪一层?
- (8) 简述屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线的区别。
- (9) 简述单模光纤和多模光纤的区别。
- (10) 常见的网络拓扑结构有哪几种? 各有什么特点?