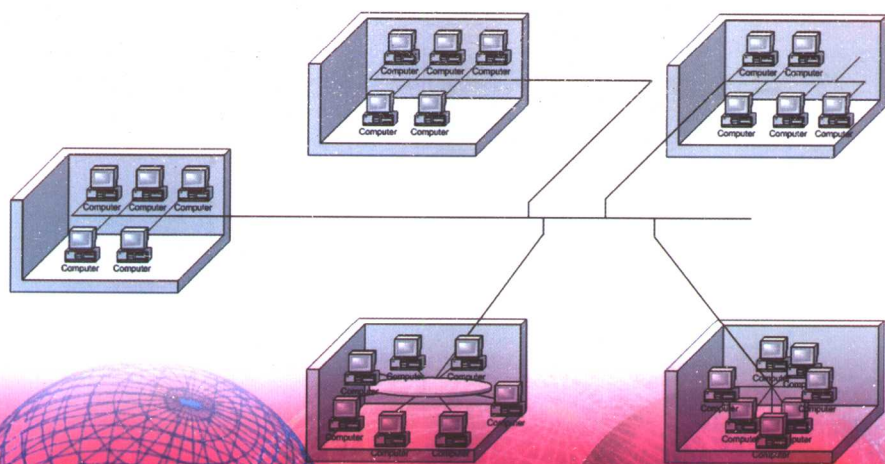


现代数据通信与无线通信丛书

数据通信基础

宋俊德 战晓苏 主编

郑岩 姚红星 程晓春 蓝江桥 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

内 容 简 介

数据通信是通信技术和计算机技术相结合的产物,是信息传输的重要手段之一。目前,数据通信技术已在人类社会生活中得到广泛应用。

本书系统地介绍了数据通信系统的组成、参考模型、相关协议、核心技术和信息安全等内容。全书共分为 13 章。在介绍数据通信基本概念的基础上,讨论了信号编码与调制的方法、交换技术、接口标准和设备、传输介质、复用技术以及检错与纠错方法等;从应用的角度出发,着重说明了 OSI 参考模型中数据链路层的主要功能和协议以及网络与信息安全等问题。

本书可作为高等院校通信和计算机专业以及其他相关专业的数据通信课程的本科生教材,也可作为相关领域工程技术人员和管理人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数据通信基础 / 宋俊德,战晓苏主编;郑岩
等编著. —北京:国防工业出版社,2007.7
(现代数据通信与无线通信丛书)
ISBN 978-7-118-05200-8

I. 数... II. ①宋...②战...③郑... III. 数
据通信 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 079839 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 320 千字

2007 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

现代数据通信与无线通信丛书

编委会

主 编 宋俊德 战晓苏

副主编 邓中亮 蓝江桥 郭 平 牛秦洲

委 员 (按汉语拼音排序)

邓中亮 高 强 郭 平 蓝江桥

牛秦洲 任 鸿 宋俊德 徐宝民

姚红星 战晓苏 张建伟 赵 铭

前 言

21 世纪是信息时代,数据通信已成为人们传输信息的重要手段之一,伴随着信息产业的蓬勃发展,其发展速度非常之快,影响着社会生活的各个方面,成为当今网络信息技术发展的重要技术基础。数据通信知识的学习不仅是通信专业和计算机专业的必修内容,也是相关行业从业人员应该掌握的基本知识。

本书系统地介绍了数据通信系统的组成、参考模型、相关协议、核心技术和信息安全等方面的内容。在介绍数据通信基本概念的基础上,讨论了信号编码与调制的方法、交换技术、接口标准和设备、传输介质、复用技术以及检错与纠错方法等;从应用的角度出发,着重说明了 OSI 参考模型中数据链路控制和协议以及网络与信息安全等问题。

全书共分为 13 章。第 1 章主要阐述数据通信系统的功能、特点与组成、主要性能指标等。第 2 章具体介绍数据通信的基本概念,包括连接方式、拓扑结构和传输模式等。第 3 章详细介绍 OSI 参考模型、相关术语、各层的主要功能和 TCP/IP 协议簇。第 4 章主要介绍信号的相关概念,包括模拟信号与数字信号、周期信号与非周期信号、复合信号和时域与频域等。第 5 章讨论信号编码与调制的方法,包括数字/数字转换、模拟/数字转换、数字/模拟转换和模拟/模拟转换。第 6 章主要阐述电路交换、报文交换和分组交换 3 种数据交换技术的特点及其比较。第 7 章主要讨论数据通信的接口及其标准,如 EIA-232、EIA-442、EIA-449 等,调制解调器及其标准,如贝尔调制解调器和 ITU-T 调制解调器。第 8 章介绍数据通信的主要传输介质,包括有线和无线传输介质。第 9 章讨论复用技术及其应用,包括频分复用和时分复用等。第 10 章讨论数字信号的差错类型,常用的检错与纠错方法,包括垂直冗余校验(又称为奇偶校验)、纵向冗余校验、循环冗余校验以及校验和。第 11 章着重讨论数据链路控制,包括线路规程(如询问/确认和轮询/选择方式)、流量控制(如停止等待和滑动窗口协议)和差错控制(如自动重复请求、停等自动重复请求和滑动窗口自动重复请求)等。第 12 章重点讨论数据链路协议,包括异步协议和同步协议。异步协议主要包括 XMODEM 协议、YMODEM 协议、ZMODEM 协议、阻塞异步传输协议和 Kermit 协议等;同步协议主要包括面向字符的协议和面向比特的协议。第 13 章主要讨论网络与信息安全,包括常见的盗窃数据或入侵网络的方法,如窃听、窃取、会话劫夺、利用操作系统漏洞、盗用密码、木马、病毒、蠕虫和暗门以及隐秘通道等,以及加密/解密和防火

墙技术等。在每章后均有内容小结。为了便于阅读,在书后附加了主要名词术语的英汉对照表。

为了便于读者系统、全面地了解和掌握数据通信的基本概念、理论和核心技术,本书在内容上注重系统性、实用性和先进性;在编写中力求循序渐进、言简意赅、通俗易懂。

宋俊德教授和战晓苏教授担任本套丛书的主编,给编著者提出了许多宝贵的修改建议,在此表示由衷的感谢。此外,还得到了一些同事和研究生的鼎力支持与帮助,在此谨表谢意。

由于编著者水平有限和时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编著者
2007年2月

目 录

第1章 绪论	1	2.4.1 局域网	15
1.1 通信的基本概念	1	2.4.2 城域网	16
1.2 数据通信的重要性	2	2.4.3 广域网	17
1.3 数据通信的特点	3	2.5 互联网	18
1.4 数据通信系统	4	小结	19
1.4.1 数据通信系统的组成	4	第3章 OSI模型	20
1.4.2 数据通信系统的分类	5	3.1 模型介绍	20
1.4.3 数据通信系统的主要性能指标	6	3.2 OSI相关术语	23
1.5 协议和标准	6	3.2.1 数据单元	23
1.5.1 协议	6	3.2.2 服务访问点	24
1.5.2 标准	7	3.2.3 服务原语	24
1.6 标准化组织	7	3.2.4 面向连接和无连接服务	24
1.6.1 国家级标准化组织	7	3.3 各层功能	25
1.6.2 国际标准化组织	8	3.3.1 物理层	25
小结	8	3.3.2 数据链路层	26
第2章 数据通信的基本概念	9	3.3.3 网络层	27
2.1 连接方式	9	3.3.4 传输层	28
2.1.1 点到点连接	9	3.3.5 会话层	29
2.1.2 多点连接	9	3.3.6 表示层	29
2.2 拓扑结构	9	3.3.7 应用层	30
2.2.1 星型拓扑	10	3.4 TCP/IP簇	31
2.2.2 环型拓扑	11	3.4.1 TCP/IP的数据链路层	32
2.2.3 总线拓扑	11	3.4.2 TCP/IP的网络层	33
2.2.4 树型拓扑	12	3.4.3 TCP/IP的传输层	34
2.2.5 网状拓扑	13	3.4.4 TCP/IP的应用层	35
2.2.6 混合型拓扑	13	小结	36
2.3 传输模式	14	第4章 信号	37
2.3.1 单工模式	14	4.1 模拟与数字	37
2.3.2 半双工模式	14	4.1.1 模拟数据与数字数据	37
2.3.3 全双工模式	15	4.1.2 模拟信号与数字信号	37
2.4 网络类型	15	4.2 周期信号和非周期信号	38
		4.2.1 周期信号	38

4.2.2 非周期信号	38	7.2.1 数据终端设备	80
4.3 模拟信号	39	7.2.2 数据电路终端设备	80
4.4 时域和频域	43	7.2.3 标准	81
4.5 复合信号	44	7.2.4 EIA-232 接口	81
4.6 数字信号	47	7.3 其他接口标准	86
小结	48	7.3.1 EIA-449	87
第5章 编码与调制	49	7.3.2 EIA-530	90
5.1 数字/数字转换	49	7.3.3 X.21	90
5.1.1 单极性编码	50	7.4 调制解调器	91
5.1.2 极化编码	50	7.4.1 传输速率	92
5.1.3 双极性编码	53	7.4.2 调制解调器标准	94
5.2 模拟/数字转换	55	7.5 56K 调制解调器	99
5.2.1 脉冲振幅调制	55	7.5.1 传统调制解调器	100
5.2.2 脉冲编码调制	56	7.5.2 56K 调制解调器	101
5.2.3 采样频率	57	7.5.3 电缆调制解调器	101
5.2.4 振幅的个数	58	小结	103
5.2.5 比特率	58	第8章 传输介质	104
5.3 数字/模拟转换	59	8.1 有线介质	104
5.3.1 幅移键控	60	8.1.1 双绞线	104
5.3.2 频移键控	61	8.1.2 同轴电缆	105
5.3.3 相移键控	63	8.1.3 波导管	106
5.3.4 正交调幅	65	8.1.4 光纤	106
5.3.5 比特与波特的比较	66	8.2 无线介质	110
5.4 模拟/模拟转换	67	8.2.1 无线电波段分配	110
5.4.1 调幅	68	8.2.2 无线电的传播	110
5.4.2 调频	69	8.2.3 微波通信	111
5.4.3 调相	70	8.2.4 卫星通信	113
小结	70	8.2.5 蜂窝电话	115
第6章 数据交换技术	71	8.3 传输减损	116
6.1 电路交换	71	8.3.1 衰减	116
6.2 报文交换	72	8.3.2 失真	116
6.3 分组交换	73	8.3.3 噪声	116
6.4 数据交换技术的比较	75	8.4 传输性能	117
小结	76	小结	118
第7章 接口与调制解调器	77	第9章 复用	119
7.1 数字数据传输	77	9.1 复用技术的种类	119
7.1.1 并行传输	77	9.1.1 频分复用	119
7.1.2 串行传输	78	9.1.2 时分复用	123
7.2 DTE-DCE 接口	80	9.1.3 统计时分复用	128

9.2 复用技术的应用	130	11.3.2 差错控制	161
9.2.1 非对称数字用户线	130	小结	170
9.2.2 速率自适应非对称数字 用户线	132	第12章 协议基础	171
9.2.3 高比特率数字用户线	132	12.1 协议的定义	171
9.2.4 对称数字用户线	132	12.2 协议效率	171
9.2.5 超高特率数字用户线	132	12.3 数据链路协议	173
小结	132	12.3.1 异步协议	173
第10章 检错与纠错	133	12.3.2 同步协议	174
10.1 概述	133	12.3.3 面向字符的协议	175
10.2 差错类型	134	12.3.4 面向比特的协议	180
10.2.1 单比特差错	135	12.3.5 链路访问过程	193
10.2.2 突发错误	135	小结	194
10.3 检错	136	第13章 网络安全	195
10.3.1 垂直冗余校验	137	13.1 网络安全隐患	195
10.3.2 纵向冗余校验	139	13.2 加密与解密	198
10.3.3 循环冗余校验	140	13.3 数据完整性验证与数字 签名	200
10.3.4 校验和	145	13.3.1 Hash 函数	200
10.4 纠错	148	13.3.2 数据完整性验证	200
10.4.1 单比特纠错	148	13.3.3 数字签名	200
10.4.2 海明码	149	13.4 身份认证技术	201
10.4.3 纠正突发错误	151	13.4.1 认证类型	201
小结	151	13.4.2 认证机构	203
第11章 数据链路控制	153	13.5 SSL 简介	203
11.1 线路规程	153	13.6 网络安全措施	203
11.1.1 询问/确认	153	13.6.1 防火墙技术	203
11.1.2 轮询/选择	154	13.6.2 网络安全措施	205
11.2 流量控制	156	小结	206
11.2.1 停止等待	157	附录1 主要专业词汇英汉对照及 章节索引	207
11.2.2 滑动窗口	158	附录2 主要名词术语解释	212
11.3 差错控制	161	参考文献	216
11.3.1 差错的产生	161		

第1章 绪 论

人类社会已进入信息化时代。信息化离不开信息的传输,而数据通信是信息传输的重要手段。数据通信技术的应用越来越广泛,人们越来越渴望了解和掌握数据通信技术。

1.1 通信的基本概念

一般而言,通信(Communication)是指消息由一地向另一地的有效传递。

从远古到现代,人类社会的各种活动都与通信密切相关,特别是当今世界已进入信息时代,通信已渗透到社会的各个领域,通信产品更是随处可见。通信已成为现代文明的标志之一,对人们的日常生活和社会活动及其发展发挥着越来越重要的作用。

古代“消息树”、“烽火台”和现在仍使用的“信号灯”等都是利用不同方式传递消息的,理应归属通信之列。然而,随着社会生产力的发展,人们对传递消息的要求也越来越高。在各种各样的通信方式中,利用“电”来传递消息的通信方法称之为电信(Telecommunication)。这种通信具有迅速、准确、可靠等特点,而且几乎不受时间、地点、空间和距离的限制,因而得到了飞速发展和广泛应用。如今,在自然科学中,“通信”与“电信”几乎是同义词。

通信传输的信息具有不同的形式,如符号、文字、语声、音乐、数据和图像等。根据消息的形式、通信业务的种类、传输的信道可将通信分成许多类,较常用的分类方法包括:

1) 按传输介质分

按消息由一地向另一地传递时所采用传输介质的不同,通信可分为两大类:有线通信和无线通信。有线通信是指传输介质为导线、电缆、光缆和波导等形式的通信,如明线通信、电缆通信、光缆通信等;无线通信是指利用高频电磁波经自由空间传递消息的一种通信方式,常见的无线通信包括微波、短波、超短波、移动、卫星和散射通信等。

2) 按信道中的传输信号分

信道可理解为传输信号的通路。在信道中传输的信号可分为数字信号和模拟信号。信道中传输模拟信号的系统为模拟通信系统,信道中传输数字信号的系统为数字通信系统。由此,通信可分为数字通信和模拟通信。

3) 按工作频段分

根据通信设备工作频率的不同,通常可分为长波通信、中波通信、短波通信和微波通信等。

4) 按调制方式分

根据消息在送达信道之前是否需要调制,通信可分为基带传输和频带传输。基带传输是指信号没有经过调制而直接送达信道进行传输的一种方式;频带传输是指信号经过调制后再送达信道进行传输,并在接收端进行解调的通信系统。

5) 按业务分

目前通信业务可分为电报、电话、传真、数据传输、可视电话和无线寻呼等。此外,从广义的角度来看,广播、电视、雷达、导航、遥控、遥测等也应列入通信的范畴。

6) 按收发者是否运动分

按收发者是否运动,通信可分为移动通信和固定通信。其中,移动通信是指通信双方至少有一方在运动中进行信息交换。由于移动通信具有建网快、投资少和机动灵活等特点,使用户能随时随地快速可靠地进行信息传递。因此,移动通信已被列为现代通信的三大新兴方式之一。

此外,通信还有其他一些分类方法,如按多址方式可分为频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信等;按用户类型可分为公用通信和专用通信等。

总之,通信就其本质而言是实现信息传递功能的一门科学技术,既无失真、高效率地传输大量有用信息,又抑制传输过程中的无用信息和有害信息。当今的通信不仅要有效地传输信息,而且还需具备存储、处理、采集及显示等功能,通信已成为信息科学技术的一个重要组成部分。

1.2 数据通信的重要性

数据通信是通信技术和计算机技术相结合的产物。

数据通信是依照一定的通信协议,利用数据传输技术在两个终端之间传递数据信息的一种通信方式和通信业务,它可以实现计算机和计算机、计算机和终端以及终端与终端之间的数据信息传递,是继电报、电话业务之后的第3种最大的通信业务。

数据通信是发展最快的技术之一。20世纪50年代末,伴随着计算机的迅速发展和广泛应用,数据通信应运而生。自20世纪70年代中后期,基于X.25建议的分组交换数据通信遍地开花。从此,数据通信进入了商用化时代,并且日益蓬勃发展。其所采用的技术越来越先进,所提供的业务越来越多,传输速率也越来越快。

1995年以后,Internet迅猛发展,深刻地冲击着地球上的每一个角落。Internet改变着人们思考问题的方式,正渗透到社会的每一个细胞,逐渐改变着人类生活、思考和交流的方式。根据国际电联(International Telecommunications Union,ITU)的统计,截止到2002年底,世界网民数量(即使用者数)为6亿2302万,普及率为10.22%。根据最新统计数据,截至2004年12月31日,世界的网民数量为812 931 592,网民平均普及率为12.7%(数据来源 <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>)。网络上新的经济和社会活动大大增加了业务流量,使Internet上的数据业务量几乎每年翻一番。据美国RHK公司统计,全球以IP业务为代表的业务量在本世纪初已经超过语音。预计在今后5年内,许多国家(包括亚洲的大部分地区)也将如此。数据超过语音,实质上反映了人类对信息需求的急剧上升。在信息和知识已成为社会和经济发展的战略资源和基本要素的时代里,人们更加需要信息,需要随时随地地获取信息,原来点对点的电话通信已远远不能满足需求。

Internet的服务方式向我们预示,21世纪人类将在网上开创新的工作方式、管理方式、商贸方式、金融方式、思想交流方式、文化教育方式、医疗保健方式以及消费与生活方

式。应用的多样化趋势已经成为 21 世纪信息服务一个不容忽视的战略发展方向。多样化将带来更多的商机、更大的市场、更多的数据业务需求以及更大的网络流量。

近年来,围绕着 Internet 兴起了一系列新的数据业务,它们有的属于增值业务,有的属于支持数据通信的业务。其中主要包括数字用户线(DSL)和卫星高速数据接入、可管理的 VPN/ASP 及 ASP 服务平台、托管、场地出租、数据中心、基于 IP 的多方通信业务、内容分发或配送业务、存储器网和服务水平协议(SLA)等。这些业务为数据通信的发展增添了新的活力。

了解并掌握数据通信技术是非常重要的。数据通信一般用于商业领域,并且越来越多地应用于家庭。数据通信正逐渐成为人们日常生活的组成部分。实际上,社会越现代化,对数据通信的依赖性就越强。

1.3 数据通信的特点

数据通信是通过某种传输介质在两台设备之间进行数据交换(二进制代码“0”或“1”)的。

数据包括模拟数据和数字数据两种形式。模拟数据用连续的物理量表示,如温度、压力的变化是一个连续的值;数字数据用离散的物理量来表示。

模拟通信和数字通信的应用都很广泛,而数字通信的发展却更为迅速,它已成为现代通信技术的主流。与模拟通信相比,数字通信具有以下一些特点:

(1) 抗干扰能力强。二进制数字信号的取值只有两个,这样接收时只需判别两种状态。信号在传输过程中因噪声造成的波形畸变不会影响两个状态的辨别,只要噪声的大小不足以影响辨别的正确,就能正确接收。而模拟通信需要高保真地重现信号波形,如果模拟信号叠加上噪声,则很难消除。对于中继通信,各中继站对数字信号波形进行整形再生从而消除噪声积累。

(2) 可实现差错控制。采用信道编码技术降低误码率(误码率为 $10^8 \sim 10^{10}$),提高了传输可靠性。

(3) 易于大规模集成,使通信设备微型化。

(4) 与各种数字终端直接相连。利用计算机对信号进行处理、加工、变换、存储。

(5) 容易实现保密通信。

(6) 传输和交换可有机地结合起来,将各种不同的消息源都变换成数字信号,为实现综合业务通信网奠定了基础。

(7) 易于实现多路复用。

数字通信的上述优点使其得到了广泛应用,但这些优点是以比模拟通信占用更多的系统带宽为代价的。例如,一路 4kHz 带宽的模拟信号,若用同样质量的数字信号传输则需要 20kHz ~ 60kHz 的带宽,可见数字通信的频带利用率较低。此外,由于数字通信对同步要求很高,因而系统设备比较复杂。不过,随着宽带传输技术的采用,窄带调制技术和超大规模集成电路的发展,数字通信的这些缺点是可以克服的。尤其是微电子技术和计算机技术的迅猛发展和广泛应用,将使数字通信逐步取代模拟通信而占据主导地位。

1.4 数据通信系统

1.4.1 数据通信系统的组成

数据通信系统通过数据电路将分布在远程的数据终端设备与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理。比较典型的数据通信系统主要由中央计算机系统、数据终端设备(Data Terminal Equipment,DTE)和数据电路3部分组成,如图1.1所示。

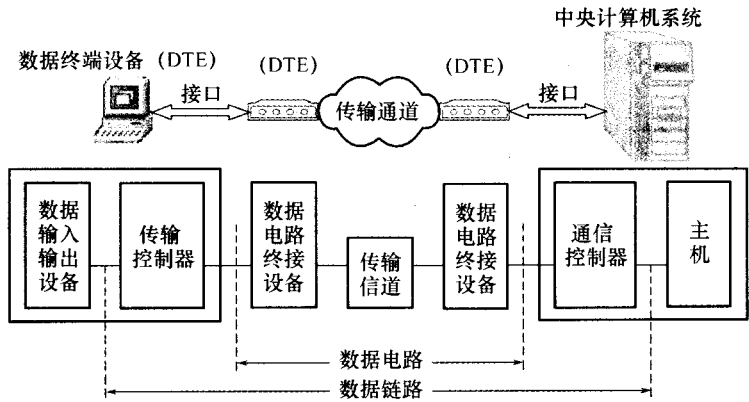


图 1.1 数据通信系统的组成

1. 数据终端设备

DTE 由数据输入设备(产生数据的数据源)、数据输出设备(接收数据的数据宿)和传输控制器组成。即数据的生成者和使用者,根据协议完成控制通信的功能。最常用的数据终端设备是网络中的计算机。此外,还可以是网络中专用的数据输出设备,如打印机等。所以 DTE 相当于人与设备(计算机)之间的接口。源数据可以通过计算机的输入设备(键盘)或磁盘等输入的原始数据,也可以是计算机内存中的数据或经计算机处理后的结果,甚至可以从计算机向网络发出的指令等。

2. 数据电路

数据电路由传输信道(传输线路)及其两端的数据电路终端设备(Data Circuit Terminal Equipment,DCE)组成。数据电路位于 DTE 和中央计算机系统之间,其作用是为数据通信提供数字传输信道。在数据电路两端收发的是二进制 1 或 0 的数字信号。数据传输电路要保证 DTE 和中央计算机系统之间的数据信号迅速、准确、安全地进行传输。

传输信道包括通信线路和通信设备。通信线路一般采用电缆、光缆、微波线路等。而通信设备又可分为模拟通信设备和数字通信设备,从而使传输信道分为模拟传输信道和数字传输信道。另外,传输信道中还包括通过交换网间的连接或是专用线路的固定连接。

DCE 是 DTE 与传输信道之间的接口设备。发送端的 DCE 具备两种功能:一是将来自 DTE 的数据信号进行交换,使之消除原来数据信号内的直流分量,使信号功率与信道相适应,防止通信双方不同步;二是当传输信道为模拟信道时,将 DTE 发送来的基带信号调制成载波信号。接收端的 DCE 实现的功能与发送端实现的功能正好相反,调制解调器是最常见的 DCE 设备。

3. 中央计算机系统

中央计算机系统由通信控制器(或称为前置控制器)、主机及其外围设备组成,具有处理从数据终端设备输入的数据信息,并将处理结果向相应的数据终端设备输出的功能。其中通信控制器是数据电路和中央计算机系统的接口,控制与远程 DTE 连接的全部通信信道,接收远程 DTE 发来的数据信号,并向远程 DTE 发送数据信号;主机又称为中央处理机,由中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)、主存储器、输入输出设备以及其他外围设备组成,其主要功能是进行数据处理。

1.4.2 数据通信系统的分类

可以根据不同的原则,对数据通信系统进行分类。根据传输线路是否直接与中央计算机系统相连,数据通信系统可分为脱机系统和联机系统。由于脱机系统的自动化程度低、等待时间长、工作效率低等原因,因此只是数据通信发展初期用于非实时处理的一种系统,后来的数据通信系统都是联机系统;根据处理形式的不同,数据通信系统可分为联机实时系统、远程批量处理系统和分时处理系统 3 类。

1. 联机实时系统

联机实时系统是指从终端设备输入的数据,在中央计算机上立即进行处理,并将处理结果直接送回终端设备的处理形式。它适用于要求迅速处理随机发送的大量数据的场合。

联机实时系统根据不同的应用又可分为询问处理系统、会话处理系统、数据收集处理系统、数据分配系统和数据交换系统等。

询问处理系统是指从远程终端发送电文到中央计算机,并将处理后的结果作为电文送回该终端的系统,如情报检索系统等;会话处理系统是终端和中央计算机一面进行会话(一系列的询问和回答),一面进行处理的系统,如订票系统等;数据收集系统是将多台远程终端的数据定时地收集到中央计算机进行存储和处理,再加工成各种报表资料,其数据流向是从远程终端到中央计算机,如电力检测系统、气象观测资料收集系统等。而数据分配系统的数据流向与计算机收集系统正好相反,通常将这两种系统组合起来使用;数据交换系统是中央计算机接收某一终端发送的数据,经识别该数据的接收端地址,再转发给目的地址的接收终端,如银行汇兑系统等。

2. 远程批量处理系统

远程批量处理系统是从远程终端向中央计算机投入作业,获得处理结果。为了提高效率,批量处理的作业可通过批量作业站发送到中央计算机。批量作业站是由一些能控制作业的终端组成的。

3. 分时处理系统

分时处理系统是将中央计算机的时间划分成很短的时间片,远程终端按时间片轮流使用中央计算机的处理形式。分时处理系统的特点是一台中央计算机上可以连接多个控制台和上百台终端,每个用户可以在一个终端或控制台上以会话方式操作或控制其作业的运行。这样,很多联机用户可以同时使用同一台计算机,而且每个用户都感觉不到其他用户也在使用。

1.4.3 数据通信系统的主要性能指标

衡量数据通信系统的主要性能指标包括:

1. 信息传输速率

信息传输速率通常是以每秒所传输的信息量多少来衡量的。信息论中定义信源发生信息量的度量单位是“比特”(bit),记为 R 。一个二进制码元所含的信息量是一个“比特”,所以信息传输速率的单位是比特/秒(b/s),记为 R 。例如一个数字通信系统每秒传输 600 个二进制码元,则它的信息传输速率是 600b/s。

2. 信号传输速率

信号传输速率是指单位时间(秒)内传输的码元数量,又称为传码率或调制速率,其单位为波特(Baud),“记为 N ”,因此有时也称为波特率。这里的码元可以是二进制,也可以是其他进制。信息传输速率 R 和信号传输速率 R_M 和 M 进制之间的关系是:

$$R = R_M \log_2 M$$

其中,当码元为二进制时, $M = 2$;当码元为四进制时, $M = 4$ 。如果符号速率为 600 波特,在采用二进制码元时,信息传输速率为 600b/s;在采用四进制码元时,信息传输速率为 1200b/s。

3. 误码率

在信码传输过程中,由于信道不理想以及噪声的干扰,导致在接收端再生后的码元可能出现错误,这称为误码。误码的多少用误码率来衡量,误码率是数字通信系统中单位时间内错误码元数与发送总码元数之比。误码越多,误码率越高。

1.5 协议和标准

1.5.1 协议

一般地,实体是能发送和接收信息的任何事物,例如用户应用程序、文件传送包、数据库管理系统、电子设备以及终端等;系统是物理上明显的物体,例如计算机、终端和各种设备等,系统包含一个或多个实体。两个实体要想成功地实现通信,它们必须具有相同的语言。交流什么,怎样交流以及何时交流,都必须遵循一些相关实体彼此都能接受的规则,这些规则的集合称为协议,它定义为两个实体间控制数据交换的规则集合。

简而言之,所谓协议就像人与人交流的语言一样,它是计算机网络通信实体之间的语言。不同的网络结构可能使用不同的网络协议;同样地,不同的网络协议也就造就了不同的网络结构。

协议的关键要素是语法、语义和时序。

1. 语法

语法指数据的结构或格式,说明数据表示的顺序。例如,一个简单的协议可能定义数据的前 8 个比特是发送方的地址,接下来的 8 个比特是接收方的地址,而其余的比特是报文本身的内容。

2. 语义

语义指比特流各部分的含义。例如,指明一个地址是要采用路由还是采用报文的目

的地址。

3. 时序

时序包括两方面的特性:何时发送数据以及发送的速率。例如,如果发送方以 100Mb/s 速率发送数据而接收方的处理能力仅为 1Mb/s,则这样的传输将使接收方负载过重并导致大量的数据丢失。

1.5.2 标准

数据通信的标准可以分为事实标准和法定标准两大类。

事实标准可以进一步细分为私有的和非私有的。私有标准最初是由一个商业组织制定的,作为自身产品使用的基础。因为这类标准由制定的企业完全拥有,所以称为私有标准(也称为封闭式标准,因为它们不提供与其他厂商产品间的通信能力);非私有标准最初是由某些组织或委员会制定并推向公共领域的标准,也称为开放式标准,它提供了不同系统之间的通信能力。

法定标准是指那些由官方认可的组织制定的标准。事实标准是指由未被官方认可的组织制定,但却在实际应用中广泛被采用的标准。通常,事实标准都是由那些推出新产品或新技术的生产厂商制定的。

1.6 标准化组织

在此,我们将介绍两个国家级标准化组织和两个国际级标准化组织。两个国家级标准化组织分别是美国国家标准化组织(American National Standards Institute, ANSI)和电气与电子工程师协会(Institute for Electrical and Electronic Engineers, IEEE);两个国际标准化组织分别是国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)——国际电报电话咨询委员会(International Telephone and Telegraph Consultative Committee, CCITT)的前身和国际标准化组织(International Standard Organization, ISO)。

1.6.1 国家级标准化组织

1. ANSI

ANSI 是美国最主要的标准制定机构。它 1918 年成立于纽约,是非盈利性、非政府性的组织。同时,也是国际标准化组织的美国代表机构。

ANSI 的标准是通过其 300 个左右的标准委员会制定的,并且与电子工业协会(EIA)的努力是分不开的。考虑到计算机产业的重要性,ANSI 在 1960 年建立了其 X3 标准委员会。该委员会由 25 个技术委员会组成,其中每个委员会负责一个特定技术领域标准的制定工作。例如,X3S3 委员会是其中的一个技术委员会,即数据通信技术委员会,它负责控制 FDDI 操作的 ANSI X3T9.5 标准的制定,该标准现已被采纳为 ISO9314 标准。

2. IEEE

IEEE 是世界上最大的专业技术团体,该组织在制定数据通信标准方面非常活跃。实际上,著名的局域网标准就是由 IEEE 制定的。

该组织的 802 分委会早在 1980 年就着手开始工作了,主要集中于网络设备的物理接

口以及建立、维护和释放这些设备间连接的过程和功能特性。这些过程包括定义数据格式、差错控制过程和其他控制信息传送的操作。实际上,IEEE 的工作集中于 ISO 模型的最低两层——物理层和数据链路层。

1.6.2 国际标准化组织

1. ITU

ITU 是一个政府组织,由联合国的机构主办,其总部设在瑞士日内瓦,它直接负责制定数据通信标准。ITU 由 15 个工作组组成,每个工作组负责一个特定的方向。尽管 CCITT 在 1994 年更名为 ITU,但人们还是习惯于过去的称谓。

ITU 的工作按照 4 年一个研究周期循环进行。在每个研究周期结束时召开一次全会。在全会期间,ITU 将回顾前 4 年的工作,决定对委员会提出的建议是否予以采纳,并考虑下一个 4 年将要研究的课题。

尽管 ITU 认可的建议标准不是强制性的,但它的建议在某些西欧国家具有法律效力,ITU 的许多建议已被美国的通信公司和制造商所采用。ITU 建议中最广为人知的是 V 系列建议,该系列建议描述了多种调制解调器的操作特性,例如数据压缩、传输错误检测和纠正等。

2. ISO

ISO 是联合国经济和社会理事会下设的咨询性非政府组织。ISO 的目标是“从促进国际物资和服务交换的角度提高标准的制定水平”。

ISO 的会员包括了绝大多数国家的国家级标准化组织,大约 100 个国家参与其工作。

ISO 在通信领域最值得一提的是开放式系统互连(Open System Interconnect, OSI)参考模型的制定。

小 结

数据通信是通信技术和计算机技术相结合的产物。

数据通信是依照一定的通信协议,利用数据传输技术在两个终端之间传递数据信息的一种通信方式和通信业务。

数据通信系统通过数据电路将分布在远程的数据终端设备与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理。比较典型的数据通信系统主要由中央计算机系统、数据终端设备(Data Terminal Equipment, DTE)和数据电路 3 部分组成。根据处理形式的不同,数据通信系统可分为联机实时系统、远程批量处理系统和分时处理系统 3 类。

衡量数据通信系统的主要性能指标包括:信息传输速率、信号传输速率和误码率等。

数据通信的标准可以分为事实标准和法定标准两大类。

第2章 数据通信的基本概念

2.1 连接方式

连接方式是指两个或两个以上的通信设备连接到链路的方式。一条链路是指数据从一个设备传输到另一个设备的物理路径。为了实现通信,两个设备必须以某种方式同时连接到同一条链路。连接方式包括点到点连接和多点连接两种。

2.1.1 点到点连接

点到点连接提供了两个设备之间的专用链路,数据传输占用整条信道的带宽,如图 2.1 所示。多数情况下,点到点连接使用导线或电缆进行连接,有时也利用诸如微波或卫星链路等方式连接。例如,使用红外遥控器切换电视频道时,就在遥控器和电视之间建立了点到点连接。

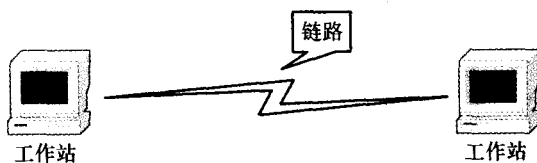


图 2.1 点到点连接示意图

2.1.2 多点连接

多点(又称为多分支)连接是指两个以上的设备共享一条链路,如图 2.2 所示。

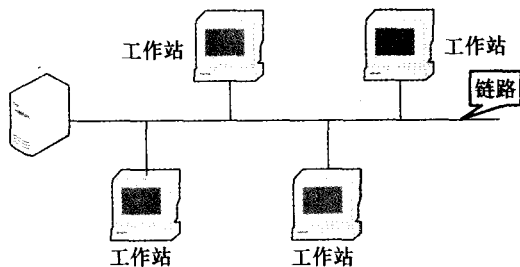


图 2.2 多点连接示意图

在多点连接中,信道的带宽是按时间或空间进行共享的。如果多台设备同时使用链路,则称为空分共享线路;如果用户依次排队使用链路,则称为时分共享线路。

2.2 拓扑结构

拓扑(Topology)是指网络在物理上或逻辑上的布局方式。一条链路可以连接两台或