

网络通信

现代通信丛书

● 陶安顺 编著

● 复旦大学出版社



内 容 提 要

本书较为系统地介绍了在网络上进行通信的原理、方法及其实现细节。

本书共分为十章:主要介绍网络通信的概念,研究的内容及其实现原理;论述通信中的信号传播原理;介绍网络通信的实现方法;及其实际应用;讲述网络通信的性能评估与监控。

本书重点突出,图文并茂,结构清晰。可作为高等院校计算机、电子工程、通信、邮电、微电子、网络等专业的教材或教学参考书,也可供计算机、电子工程、邮电、通信、网络工作者及其有关工程技术人员参考。

责任编辑 林溪波

责任校对 马金宝

网络通信

陶安顺 编著

出 版 复旦大学出版社

(上海国权路 579 号 邮政编码 200433)

发 行 新华书店上海发行所

印 刷 复旦大学印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 16.625

字 数 402 000

版 次 1997 年 2 月第 1 版 1997 年 2 月第 1 次印刷

印 数 1-4000

书 号 ISBN7-309-01795-1/T·170

定 价 22.00 元

本版图书如有印订质量问题,请向承印厂调换。

前 言

随着计算机知识的全面普及和各个领域内的深入应用,人们在各种网络的基础上利用计算机进行通信,在全世界范围内使用交互网彼此交换信息,早已成为现实。随着中国和世界经济的迅速增长,人们更加迫切地希望尽快了解国内外各种社会、科学、经济发展等新动态,彼此广泛、迅速地交换信息,从 Internet 上索取各种对自己有用的资料,以丰富自己的知识面,增长才干,加强竞争实力,以更好地适应社会发展与进步的需求。为此,网络通信就成为在迅速发展的信息社会中首当其冲的研究课题。什么是网络通信,它包括哪些内容,网络通信的原理是什么,实现网络通信有哪些方法,怎样上网以及如何从国际交互网上获取自己所需要的信息等已成为计算机网络和通信工作者所迫切需要了解和掌握的有关知识。《网络通信》这本书正是为适应这种社会发展的需求而写的。

本书共分十章:第一章介绍网络通信的概念、内容以及为什么要学习网络通信;第二章介绍通信网的设计原理;第三章介绍通信中的信号传播原理;第四章介绍如何将传输媒体(如传输线和光纤等)中不可靠的位管道转变成可靠的信息包链;第五章介绍目前世界上流行最广的局部通信网;第六章介绍网络层通信的主要问题,包括路由选择和拥塞控制等;第七章介绍传送、通话、表示功能及数据传输中的加密、解密与压缩技术;第八、九两章讲通信应用及其有关的实例;第十章讲通信中的性能评估与监控。

本书参考了最近几年国内外有关网络通信方面的最新文献资料,能反映国内外网络通信的最新进展。

得以出版此书,首先应当感谢专门从事计算机通信研究的美国纽约州立大学石溪分校的 H. G. Badr 教授,因我在美国三年多的进修期间,他在网络通信专业知识方面给我不少启发和帮助,同时还为本书提供了不少宝贵的文献资料。

其次要感谢我的同学,曾获国家级科学技术进步特等奖、从事光学电子产品开发研究近卅年的侯治华高级工程师,他认真地阅读了本书的原稿,并提出了许多宝贵的修改意见。

最后还要感谢我们的研究室主任程景云教授和朱怡安高级工程师,因为他们在本书的出版过程中始终给予了极大的支持和帮助。

本书由于编写时间仓促,可能存在不少错误和不妥之处,敬请有关专家学者批评指正,本人一定书面致谢。

作者

1996. 9. 于上海

目 录

前 言	1
第一章 引 论	1
1.1 什么是网络通信?	1
1.2 为什么要研究网络通信?	1
1.3 网络通信研究的内容	2
1.4 网络通信的发展	12
习 题	14
第二章 通信网的设计原理	16
2.1 通信网的服务结构	16
2.2 通信网的分层结构	19
2.3 怎样的信息才能在一个通信网中传输	21
2.4 通信服务的类型	22
2.5 转接	24
2.6 多路复用	28
2.7 OSI 通信模型	30
2.8 通信网的其他结构模型	34
习 题	37
第三章 在物理层中的信息传输	39
3.1 信号传播方式	39
3.2 光位的传输	46
3.3 用无线电或传输线路的位传输	52
3.4 同步与组帧	60
3.5 错误控制	64
3.6 数字化信息	68
习 题	70
第四章 数据链 protocols	72
4.1 数据链 Protocols	72
4.2 交替位 Protocol	78
4.3 选择重复 Protocol	82
4.4 倒退 N	89
4.5 数据链层的例子	92
习 题	94
第五章 局部通信网	96

5.1 ALOHA Protocol	97
5.2 以太网和 IEEE 802.3	101
5.3 标记环网	108
5.4 标记信息通路网	113
5.5 光纤分布数据接口	115
5.6 分布队列双重信息通路网	119
5.7 逻辑链控制	121
习 题	123
第六章 网络层通信的主要问题	125
6.1 名字和地址	126
6.2 路由选择	129
6.3 拥挤控制	152
6.4 网间连接	160
6.5 网络设计	180
6.6 网络层的例子	184
习 题	187
第七章 传送、通话与表示	188
7.1 通话与传送功能	188
7.2 传送	190
7.3 TCP,UDP 和 TP4	194
7.4 通话	195
7.5 加密	195
7.6 数据压缩	213
7.7 语法转换	216
习 题	217
第八章 应 用	219
8.1 文件传输、访问和管理	220
8.2 电子邮件	220
8.3 虚终端	223
8.4 图形存贮和传送	226
8.5 电视文图服务和交互文图服务	226
8.6 应用实例	228
习 题	234
第九章 综合服务	236
9.1 服务	236
9.2 综合服务局域网	238
9.3 电话网	240
9.4 综合服务数字网 ISDN	243
9.5 宽带综合服务数字网 BISDN	245

习 题.....	247
第十章 性能评估与监控	248
10.1 监控	248
10.2 模型与分析	249
10.3 模拟	253
10.4 仿真	255
习 题.....	255
参考文献.....	256

第一章 引 论

1.1 什么是网络通信?

我们知道,人和人之间的思想交换一般采用两种方式,其一是语言(包括直接或间接的声音),其二是文章、图象等。这种思想交换的方式叫做**通信**(communication)。其交换内容的物理表现如声象、文章、图表等叫做**数据**(data)。赋予数据的具体意义叫做**信息**(information)。例如,当你拨电话码“121”,听到的声音是“今天晴天”时,这个声音就是数据,“今天晴天”就是关于天气预报的信息。这个过程是你和气象台工作人员之间的间接通信,该信息显然是通过电话线路来的。所以电话网就是一个人们最熟悉,而且是无所不在的通信网。

图 1-1 是一个最简单的电话网。在该网中有两类结点:**终端结点**(terminal nodes)和**通信结点**(communication nodes)。终端结点产生或使用在网上传输的信息。通信结点传输信息但不产生和使用它。在图 1-1 中,当终端结点是计算机、可视电话、打印机、文件服务器、视频监视器等的时候,人们就可以用这些先进的设备,以电子邮件的方式交换信息。此时的电话网就变成一个广义的通信网。由此,我们可以看出:一个**通信网**(communication network)是互连结点的一个集合,该集合中的结点可彼此交换信息。人们利用通信网彼此以电子邮件的方式交换信息就叫做**网络通信**(network communication)。

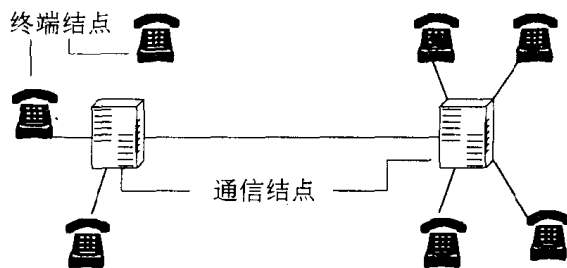


图1-1 一个简单的电话网

1.2 为什么要研究网络通信?

我们知道,现在从个人计算机到超级计算机,多半已联机成网;多数拥有计算机的机构都已安装或准备安装自己的局部网。对千百万人来说,在全世界范围内交换电子邮件已成为生活中的现实。利用网络进行通信已由学术成果变成了各行业、各政府部门以及各大专院校的广大用户必不可少的信息交换方式。

网络通信之所以成为人们必不可少的信息交换方式,主要是位于通信网上的用户,无论他是谁,也不管他在什么地方,都可以使用网中的程序、数据和设备,从而达到网中资源共享

的目的。其次是依靠可替代的资源提高可靠性。这是因为所有的文件都可以在两三台机器中留有副本,如果其中之一由于硬件的某些故障不能使用,即可启用其余的拷贝。另外由于网中有多个计算机,如果其中之一出了问题,其余的计算机就可以承担其任务。这在军事、银行、航空交通控制以及许多其他应用中,出现硬件故障后仍具有继续运行的能力是非常重要的。再其次是节约经费。小型计算机比大型计算机有更高的价格性能比。大型机的速度约为最高速的单片微处理机的 10 倍,然而它的价格却在千倍以上。这种不平衡使许多系统设计者用多台功能强大的个人计算机来建立计算机系统,每个用户用一台个人计算机,数据则保存在一台或多台可共享的文件服务器中。这就构成一个可共享资源且各自具有独立事务处理能力的通信网。

有了通信网,普通的人就能坐在家里向世界任何他方预定飞机票、火车票、汽车票、轮船票,向饭店、餐馆和剧院定座位,并立即得到答复。人们也可在家里向银行存取现款和电子报纸等。目前美国盛行无办公室工作,即利用网络通信,把原单位里的工作放到家里做。这可节省房地产、交通能源方面的开支。不久的将来,我们现在理解的办公室和学校可能消失,商店也会被电子邮件定货目录所代替,城市可能变得更分散,因为高质量的通信设施会使物理上的集中变得不再重要。信息革命将像以往的工业革命一样改变整个社会。正由于网络通信如此重要,所以人们必须学习掌握它,以便更好地用它来为自己服务。对于从事计算机及网络通信的工作者还必须进一步研究通信网的结构及其实现通信的原理、方法以及怎样解决网络通信中出现的一些如像拥塞、纠错等问题。以便更好地改进和增强网络通信的能力,提高它的使用效率。

1.3 网络通信研究的内容

现在,我们把注意力从网络通信的社会效益转向与网络通信设计有关的技术问题上。

1.3.1 数据通信基本原理

为将信息从一个地方送到另一个地方,需要一个发送者,一个接收者和一种传输介质。信息作为传输对象,它是以数据的形式呈现在机器语言中被传递的。数据的传输涉及从一个地方到另一个地方电子移动数据的行为。**数据通信**的一个工作定义可阐述为:在一个要求的时间段内,在指定位置之间电子移动信息。电子移动信息,目前是采用模拟和数字两种传输形式。

1.3.1.1 模拟和数字传输

如果在一个典型的电灯电路中,装上一可变电阻亦称调光器开关,则会立即使它产生一**模拟信号**(analog signals)。该模拟信号以一个连续的可变波形出现在图 1-2a 中。它的振幅随时间而改变。

一个典型的电灯开关能被看作一**数字信号**。它仅有两个状态:开和关。当用 1 表示开,用 0 表示关时,灯的开关就产生一个两值数字信号。当开 1s,关 2s 后再开 3s 等,其分离的数字信号如图 1-2b 所示。**数字信号**(digital signals)是随时间离散的。它的振幅只取高低两个电平的一系列脉冲。

在通信系统中,数据是以电信号的形式从一端传到另一端的。一般,模拟信号用来表示语音、图象等模拟数据,而数字信号则用来表示文本、字符串等数字数据。但如果使用**调制解**

调制器(modem),数字数据也能用模拟信号表示;使用编码译码器(codex),其模拟信号也能用数字信号表示。

模拟信号和数字信号都可以在相应的介质上传输。由于传输系统对信号的处理方式不同,而有模拟传输和数字传输之分。过去在信息传输中模拟传输一直占统治地位,现在已逐一被数据传输所代替。这是因为模拟信号在远距离处趋向逐渐减弱以至于消失,它必须被定期地重新放大以阻止它消失。十分遗憾的噪声也伴随信号自始至终地被重新放大而导致其信号的失真。当然,模拟信号能容忍一个相当高的失真度,例如,人们的声音是一个模拟数据例子,听者能解说话者,即使在有点吵闹声的条件下。而数字信号就不受嘈杂声影响,也不需要重新放大,它真正地消除了失真,使传输具有安全性和可靠性。而且数据传输提供的容量大,花费也低。

1.3.1.2 兼容

位于通信网上的任何两个结点要进行通信,必须首先具备某些先决条件。例如两个人要交换想法,必须找一个地方以相同的语言说话,否则因语言交换有障碍而无法彼此进行交流。在网络通信中,设备之间进行通信也必须用相同的语言并遵循彼此都了解的规则,在一些地方还必须设置某种机构以确保数据从一种设备送到另一种设备而无错误。然而,商业上有用的数据通信设备讲多种语言并使用若干不同的规则,这显然在通信中容易引起某些混乱。对此,通信的标准化和各通信设备的兼容是首当其冲应考虑的问题,是数据通信的必备条件,我们将就此对有关问题加以研究讨论。

1.3.1.3 界面

在通信网上的计算机一般都不相同,不同的计算机要通信,一种可行的办法就是研制一个大家彼此都能接受的通信界面。一个界面(interface)是两个通信设备之间的物理连接。由于通信网的布局已超出省界、国界,所以这种通信界面还要求进一步标准化,使各个省乃至各个国家都能接收。美国电子工业协会 EIA(Electronics Industries Association)推荐的工业标准界面 RS-232 已为大家接收,它被用于数据终端设备和数据通信设备之间的连接。这种连接标准是一系列的两进制位串。对其 25 引脚(25-Pin)的赋值是明确的并且不能改变,除非对那些被用于特别功能而不能赋值的引脚。除 RS-232 外,其他公共使用的界面标准是国际电话电报咨询委员会 CCITT(Consultative Committee on International Telephone and Telegraph)发表的 V·24,与 V·24 兼容的 RS-232-C 以及为较长电缆线增加传输速度和额外功能的 RS-449。

我们知道,在界面上要定义两种数据传输——平行(parallel)和串行(serial)。平行数据

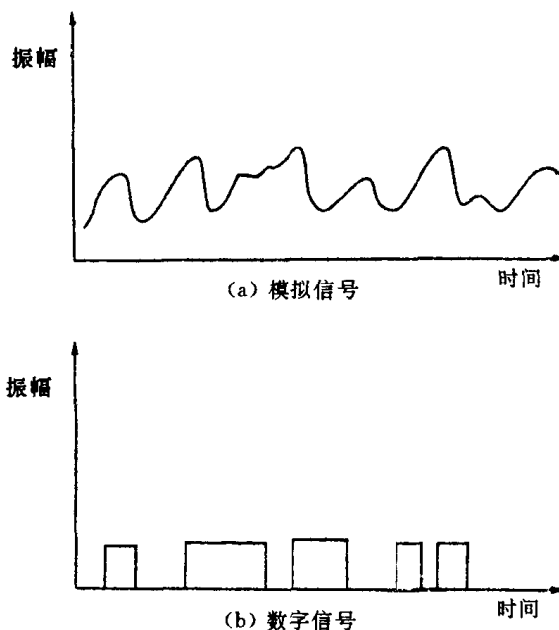


图 1-2 模拟和数字信号

传输用于局部通信,它用一系列电线作为通信界面,每一根服务于一个目的。一个典型的平行通信电缆有若干控制线和 8 根数据线,该数据线运载字母与数码字符信号。由于有 8 根线,一个完整 8 位的字符就可以在一个选通中以平行方式被传输。在平行传输中,数据和控制信号同时进行。公用的平行传输界面有中心打印机界面和 IEEE-488 标准。

串行数据传输,多用于长距离通信,其操作是一位接一位地进行而不是并行。被传输的数据字符必须被转变成串行的位串以便运行在通信线上。该串行的位串必须被分成 5 到 8 位长的独立字符。大多数数据通信设备都采用串行的传输方式。

1.3.1.4 标准互连参考模型 OSI

不同的网互连以便相互通信和相互合作。为使这种通信与合作能方便地进行下去,要求所有的通信网都必须遵循国际标准 OSI(Open System Interconnection)。OSI 是国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)推荐的通信网互联参考模型。

OSI 参考模型将系统分成七层(见图 2-19),其中第 i 层($1 \leq i \leq 7$)是由若干处于 i 层的子系统组成。 i 层的子系统又包含了若干个 i 层的实体。在同一层的实体称之为**对等实体**(peer entity)。除最高层外,分布在第 i 层中的若干个实体相互合作,向第 $i+1$ 层的若干个实体提供服务。

第 i 层的实体之间的合作是受一个或几个 protocol 支配的。其 protocol 精确地规定 i 层的实体如何利用第 $i-1$ 层提供的服务去协同工作以便完成第 i 层所要实现的功能,与此同时还进一步向第 $i+1$ 层提供服务。所谓**第 i 层 protocol** 是指一组局部于第 i 层的规则和格式(语义和语法),它决定第 i 层实体执行第 i 层功能的通信行为。其中**语义**是规定 protocol 元素的意义即通信双方所要表达的内容。**语法**是规定若干个 protocol 元素组合在一起,表达一个更为完善的内容时所遵循的格式,即规定内容的表达形式。**规则**是指应答关系,即通信过程中双方的应答所应遵守的约定。

在同一系统中,第 i 层实体与第 $i+1$ 层实体相互合作时,必须穿越两层之间的边界,在边界上存在着**服务存取点 SAP**(Service Access Point)。它表示第 i 层实体与第 $i+1$ 层实体之间的逻辑接口。在该点,第 i 层实体向第 $i+1$ 层实体提供服务。为使第 i 层的某一实体通过服务存取点 SAP 向第 $i+1$ 层的实体提供服务,首先必须利用第 i 层的 protocol 建立其实体与服务存取点 SAP 之间的连接。这种连接在其界面上的端点称为**第 i 层的连接端点**(connect-end point)。

在同一系统中,层与层之间的连接建立之后,在不同系统中的对等实体之间即可相互传递信息。这种信息分为 protocol 控制信息 PCI 和服务数据单元 SDU。PCI 用于协调两个对等实体之间的连接操作,而 SDU 是两实体之间传递的数据。

在 OSI 七层中(如图 2-19 所示),其最低三层即物理层、数据链路层和网络层是面向通信的,它们用于实现通信子网中的信息传输。其最高两层即表示层和应用层是面向应用的,它们分别向应用进程提供信息表示方法和服务。中间两层即传输层和会话层则是在高两层与低三层之间起桥梁作用。

OSI 七层的简要功能如 2.7 节所述。

OSI 每层虽然定义整个数据通信进程的某一特殊方面,但不描述某一特定的系统,不会被看作为对任何通信系统的一种规格。它只是为数据通信系统建立了一个标准的参考点。

1.3.1.5 Protocol

我们知道,在 OSI 的层次结构中,层与层之间的结点要交换信息,彼此必须遵守某种协议或规程。这种协议或规程的聚合我们称之为 **Protocol**。其实,不仅层与层之间的结点交换信息需要 protocol,设备与设备之间,网与网之间的通信也必须要用 protocol 来协调。目前工业界还没有 protocol 标准,不同的 protocol 还不能直接用于相同的系统,但有一种 protocol 转换设备,这种设备能处理 protocol 不兼容,它允许使用不同的 protocol 的终端操作在相同的网络上。

通信 protocol 覆盖一个广泛的领域和范围,从单一的一个字符一个字符的无错审核的传输到在许多设备中移动大量数据的复杂规则。一般数据通信 protocol 包含三个主要内容:数据表达和编码的方法;编码被传输和接收的方式(是异步还是同步);两设备之间为进行非标准信息交换而建立起来的控制。

一个 protocol 由一系列位结合所表达,这些位结合被附加到每个传输数据块中。通过硬件或软件设备以自动的方式送数据。在数据被接收之前,接收设备将自动地接收审核附加位中的每一个。一个高级数据链控制 HDLC(High-Level Data Link Control)protocol 如图 1-3 所示。

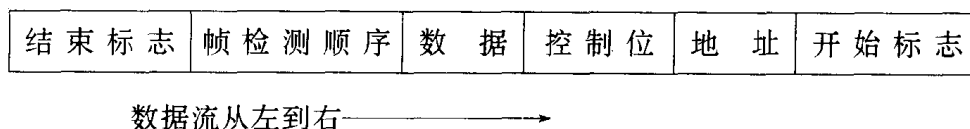


图 1-3 高级数据链控制 Protocol

数据通信 protocols 要么位向,要么字节向。字节向 protocols 传输数据以 8 位为一块,在每次传输一块之后与下一块传输之前要求有一次确认。位向 protocol 可以传输任意长度的数据,一般只限一个最大长度。正规地多规定以 80 到 120 字符为一块。一次确认可以在一个或几个字符块被传送之后。一个 protocol 的复杂性与通信的环境复杂性有关。

目前通常使用的数据通信 protocols 有:

IBM 的同步数据链控制 SDLC(Synchronous Data Link Control);

数字设备公司的数字数据通信消息 DDCM(Digital Data Communications Message) Protocol。

1.3.1.6 同步

数据通信能以异步或同步的方式进行。异步传输通常称开始(start)——停止(stop),一次传输或接收一个字符(七或八位)。在传输期间,字符跟随一个开始位而结束一个停止位,

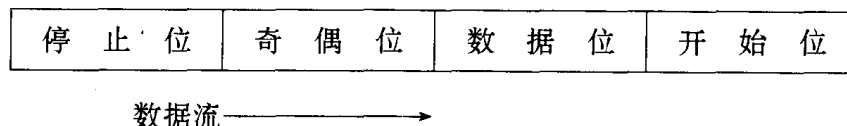


图 1-4 异步传输中的同步

让接收者知道其字符的开始和结束(见图 1-4)。在传输的每个字符之间有一空闲时间;同步被保持在一个字符接一个字符的基础上。一个可以料想得到的是异步传输无多大效率,因为对开始位,停止位以及在传输之间的空闲时间要求过头;它典型地使用低速(最高到 2400bps)传输数据。

同步传输在一通信链上连续移动位串,发送一组字符;它用一个称之为时钟的记时信号控制数据的转移。该时钟初置在发送设备上,这种发送设备可以是终端,调制解调器(modem),多路转接器(multiplexer)或前端处理机(frontend processor)。所有这些设备都能产生记时。在通信链的接收端,数据接收设备通常能得到传输过来的记时。传输时钟和接收时钟必须完全同步(计时)以避免位移的快慢。因此,同步位在相同编码级上的唯一字符作为信息被传输,要领先每一个数据块。接收设备确认并使它自己与这些字符的一串同步。

传输和接收设备之间达到同步后,才进行具体的传输。字符块用一个开始(start)位开始传输而后用一个停止(stop)位终止。这恰像一异步传输。不同的是一个大的位数在一次被传输。因此,终端进行同步传输必须有一个为存贮其字符块的缓冲以作为它们等待被传输或在接收端等待被处理。同步数据传输一般用于高速数据转移。

在许多情况中,一种数据设备能异步和同步操作。用户在一个设备的前电力操纵板上选择适当的操作,拨动一开关即可。

1.3.2 数据传输设施

数据传输设施指的是路线(route),该路线连接局部及地理位置分散的设备。最频繁的是由铜线组成的公共电话网,但它们可以是光导纤维缆,人造卫星或由 AT&T,U·S·Sprint 以及 MCI 拥有的微波无线电信号电波或其他载体。

1.3.2.1 转接与非转接

长距离通信设施的主要类型是转接拨盘(dialup),非转接(租用),信息包转接,人造卫星以及微波通信网。转接网由模拟和数字线路构成而其数字线通过交接中心后立即由许多团体所使用。而用户被索价仅为他们在线上的占用时间。转接设施通常是独立的 protocol。

一个非转接设施是一个模拟设备或数字线,它被互斥地租给一个数据通信所需之顾客。它不必通过交换中心,不被另一个顾客所用,较少有错误倾向。非转接设施也是独立的 protocol。

1.3.2.2 信息包转接

在一个信息包转接网上,数据以字符组的形式被传送;控制信号被加到每一个组的开头或末尾。字符组和控制信号被集合在一起叫做一个信息包(packet)。可与数据“信封”相比较,该信封是不“打开”的直到它到达它的目的地。这是一条通过网络的动态路线,即经过最有效的路而到达它们的目的地。那样一个消息的多个信息包能够经由不同的路线,因此信息包要求顺序编号,以便它们能在它们的目的地以正确的次序被反汇编。

1.3.2.3 卫星网

卫星通信是从一个地球站开始发送信息到地球上空的同步卫星。该卫星作为一个中继,其通信转播系统由转发器和天线组成。该通信转播系统接收地球站发来的信号后,加以放大然后重新发送到地球上其他的站。在卫星上,转发的信号较其天线接收的信号强。若同时发生的信号其频率相同则产生干扰。对此卫星转发机构将相同频率而同时发生的信号转变成不同的频率后再发射出去。

卫星网是独立的 protocol,并经常发现在点到点和点到多点的通信环境中。

1.3.2.4 微波通信

微波通信是一个通俗的术语,其波段范围是 1GHz 到 30GHz。一般说来,微波通信包括

在一个无线电发送和一个无线电接收之间进行,在信息波的传递中,每次发送信息波都要在一个高高的发射塔上进行。微波通信要求一个清晰的“视觉线”,由波经过的路上必须不存在障碍,因此发射塔必须足够高以避免从建筑物,树等等来的干扰。

1.3.2.5 光纤缆

以前电话网都由电线构成。现在电话公司条件许可的前提下已转向光纤缆作为长距离传输介质。因为它有若干超过双扭导线的优点:它较小并且较轻便,提供极大的安全性并支持一个非常高的数据传输率,噪音极小,它几乎不要求像标准链一样的许多重复,所以更为经济。光纤通常称为光导体,目前被广泛地应用在通信网中。

1.3.2.6 双扭线

双扭线由两条相互绝缘的铜线组成,其典型粗细约 1mm。这两条线像螺纹一样扭在一起,这样可减小对邻近线偶的电磁干扰。常见的电话线是双扭线。双扭线内信号在几公里内传输不需放大,更远一些就需要中继器。成束的双扭线并行走线距离较长时应扎成束并进行屏蔽。这些束在一起的线偶如果不采用扭缠就会互相干扰。

双扭线既能用于传输模拟信号,又能用于传输数字信号,其带宽取决于铜线的粗细和传输的距离。在许多情况下,仅传输几公里,传输率即能够达到几兆位每秒。由于其性能较好,且价格低廉,双扭线被广泛使用。

1.3.2.7 其他设施研究

带宽

传输带宽称为传输媒体的信息载波能力。**带宽**具体地被定义为用赫兹度量的频率范围,其媒体能做到无干扰或无信息损失。一种媒体能处理的最大频率范围决定它的信息运载能力。在数据通信中,带宽被一般地规定为位每秒(bps)。因此,说“该设备有 2Mbps 的带宽”,意味着它将具有一个 2 百万位每秒的传输率。

载波信号

电话网是一个复杂的电线系统,信号通常被传播在该电线系统上。这种信号被称为**载波信号**。其载波频率能够由监控其线路完整性的设备检测。通过电话线发送和接收载波信号相对容易,目前不少地方都还在使用这种方式进行通信。

调制解调器

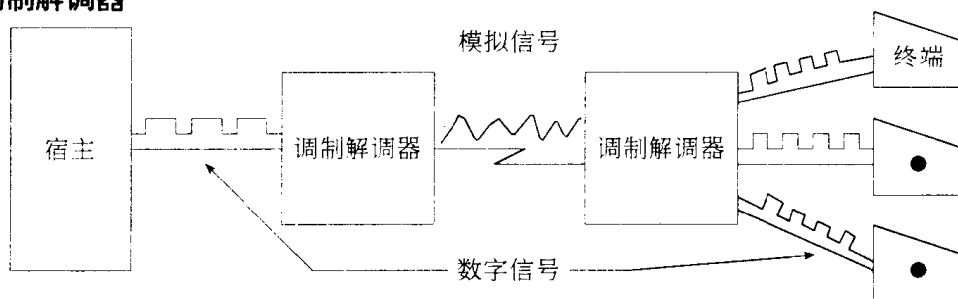


图1-5 调制解调器

局部的公共电话网是一个模拟网,它被设计为携带声音信号。为使它携带数字信号,必须做转换工作,即把数字信号转换成模拟声音信号。做这种转换工作的设备叫做**调制解调器(modems)**。**调制(modulator)**和**解调(demodulator)**的一次压缩总是在一个偶中:在发送端将宿主(host)或终端来的数字信号转变为模拟信号,这叫调制。经调制后的模拟信号在公共

电话线上传输;在接收端,要将被传输的模拟信号变换成数字信号,该工作是在它们被传送到接收设备之前做的,这叫解调。如图 1-5 所示。

单工、半双工和双工

数据传输在一设施上以三种模型之一出现:单工、半双工和双工。所谓单工传输,是指数据的传输仅在一个方向上进行。而半双工可在两个方向上传输,但一次仅在一个方向上传输。双工传输就可在两个方向上同时进行。见图 1-6。

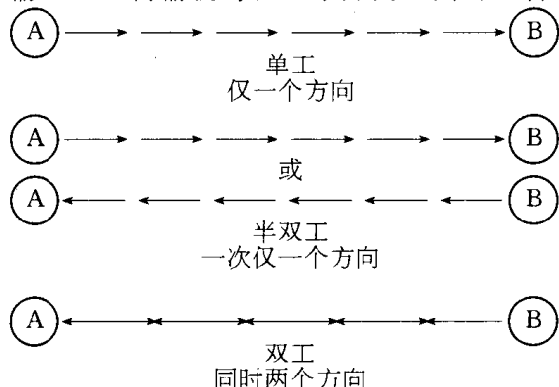


图1-6 单工、半双工和双工

单工一般用在某些预定时间的开关设备上。不少数据通信设备使用半双工。半双工操作可以在两线或四线上进行,但在一个两线电路上,会涉及换向时间(turn-around time)问题。因为在一个两线电路上仅一条线为传输线,另一条是地线。换向在传输中被称为暂停(halt),在传输线上,当数据游历从一个方向到相反的另一个方向时,换向暂停时间即出现。全双工(full duplex)操作一般要求四条线路,当然有些模型也可在两条线上进行全双工

传送。

电缆

在一个局部的环境中,如果宿主计算机与其有关的终端或微机的距离不是太遥远的话,数据通信可使用对绞线或同轴电缆。同轴电缆是由两根导体之间加绝缘材料构成。在里面轴芯的一根导体可以是实心的铜线也可以是空心的铜管。如由空心的铜管构成,则这种电缆叫做双轴电缆(twinaxial cable)。

同轴电缆能运载非常高的频率信号,其带宽较对绞线宽,它经常应用于运载高速传输的数据如电视信号等。同轴电缆存在费用高,不灵活等缺点。它的费用是具有同样功能绞线的10~20倍。另外如果频率和有关的设备改动,重新安排有关设施有困难,不如绞线方便。同轴电缆仅适用于局部区域通信网。

精确检验与错误修正

一通信链以一系列数据串的方式携带数据和控制信号,当其在受到暴风雨干扰时,其穿越线路的信息可能有一位或几位从数据串中丢掉。我们知道,通常在电线上存在上千位的运行,他们之中的一位丢失都会改变一个字符或一控制码,这无疑会破坏被传输信息的完整性从而导致传输信号的失真。所以控制信息的传输、检验信息的真伪,修正传输错误等工作是网络通信中必不可少的研究内容。

两个基本的数据通信控制是垂直的和水平的奇偶校验及循环冗余检验 CRC(Cyclic Redundancy Checking)。

在数据通信环境中,奇偶校验是相当简单的错误检测技术。使用这种技术,其字符被规定为要么是奇数位(如奇奇偶校验被设计的话)要么是偶数位(偶奇偶校验被设计时)。实际奇偶校验是加一个位在字符的位串中,以使得其字符的位数是奇数或偶数要求。如果在奇奇偶系统中,接收设备获得是由一偶数位组成的字符,则显然有一个位损失,从而该字符是错误的。如果一个系统是偶奇偶校验,其检验过程与此类似。垂直冗余校验 VRC(Vertical Re-

dundancy Check)一校验位是加到每一个字符上,而在水平奇偶校验亦称之为纵向冗余校验 LRC(Longitudinal Redundancy Check),其校验码是加到一字符块上。循环冗余检验 CRC 是一种常用而有力的错误检测技术。它通常是被使用在同步传输中。它使用一个多项式产生检测字符。当 CRC 被使用时,数据的一个整块被考虑为一个长的两进制数,该两进制数被另一个称之为标准的两制数除,取其余数为两个数据块的检验字符。

如果一个错误在一消息中被侦破,则其错误应当被立即修改。目前有若干错误修正技术,一般采用较多而且是最基本的方法有 ABP(交替位 Protocol)。SRP(选择重复 Protocol)和 GO BACK N(倒退 N Protocol)。使用 ABP 要对被传输的信息包依次用 0,1,2,...编号,发送端发送一个信息包之后,要等接收端发回的与信息包具有相同编号的确认 ACK 后才发送下一个信息包。若发送端在一固定的超时之前未收到确认 ACK,说明发送有错,则发送端要重新发送其相应信息包的拷贝。使用 SRP,当发送端发出一信息包之后,用不着等接收端发回的 ACK 就可发送下一个信息包,不过这里所谓选择重复,发送的仅仅是在传送之中有错误的信息包。使用 GO BACK N 要使用一个所谓的窗口规模 W,对信息包依次用号码 0,1,2,...,W-1,0,1,2,...,W-1 等等编号。GO BACK N 还要求具有一个返回路线的电路即应具有全双工的能力,以便确认 ACK 或非确认 NACK,在正当设备送下一后继块时能接收它们。如果发送端接收了一个由接收端发回的 NACK 则发送端也要发送其有关信息包的拷贝。第四章将作详细介绍。

1.3.3 通信网

一个非常简单的计算机通信网可由一个称之为宿主的计算机,一个调制解调器,一个发送设备(转接或非转接设备)以及一接收设备(通常是一个终端)组成。当两个终端、一个终端和一个计算机或两个计算机之间直接连接时,我们可用点到点链。除点到点外,通信网结构还有多点、多链及多分支,见图 1-7。

在具有宿主计算机的通信网线路上传递信息,要先确定是否可以进这种信息传输,对此有两种方法可供选择使用,一种是轮询(polling)而另一种是争用(contention)。所谓**轮询**是宿主计算机沿线路以预先安排的顺序询问每一终端是否有任何数据传输,如果终端无任何数据传输,则被执行的计算机到相应顺序的下一个终端查询。当计算机遇到一终端有数据传送时,它停止查询并让该终端进行它的传输,当传输完成时,计算机查询在序列中的下一个终端。反之,当计算机在一多点线上有数据

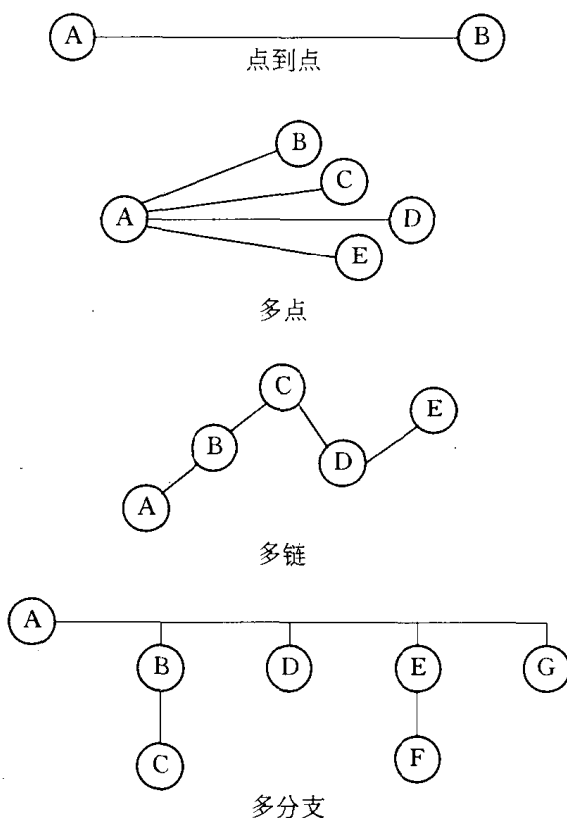


图1-7 网络轮廓

发送到终端时,它选取有关终端地址,告之相应终端,数据将被发送,然后送数据到该终端(见图 1-8)。

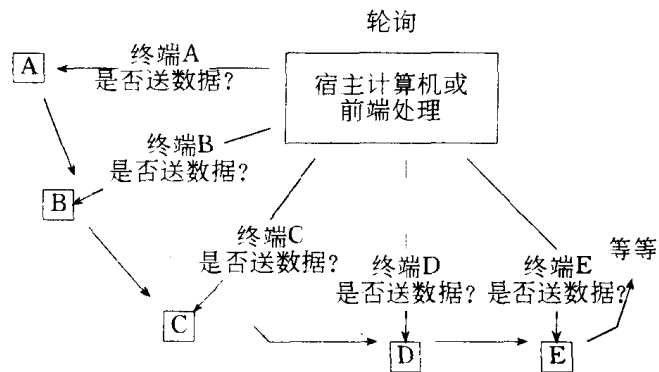


图1-8 轮询

所谓争用,是指任意时刻,在任何位置的终端试图传送数据到网中的另一位置,如果该地址位置空闲,则传输出现,而任何其他在网中试图传输的终端将接收到一个忙信号直到完成传输。争用与轮询相比,争用较灵活,并且能有效地防止从传输来的其他定位。

在通信线路的使用上,目前一般都采用**多路复用**的办法。正如图 1-9 所示,由于采用多路复用器(multiplexers),将 4 线 8 调制解调器紧缩为一线两调制解调器,这显然达到了节省通信材料与有关设备的目的。多路复用分为**频分多路复用** FDM(Frequency Division Multiplex)和**时分多路复用** TDM(Time Division Multiplex)。FDM 将符合条件的模拟线的带宽分配给各个独立的低速子通道,这些子通道各自操作在光谱内的一指定频率上。

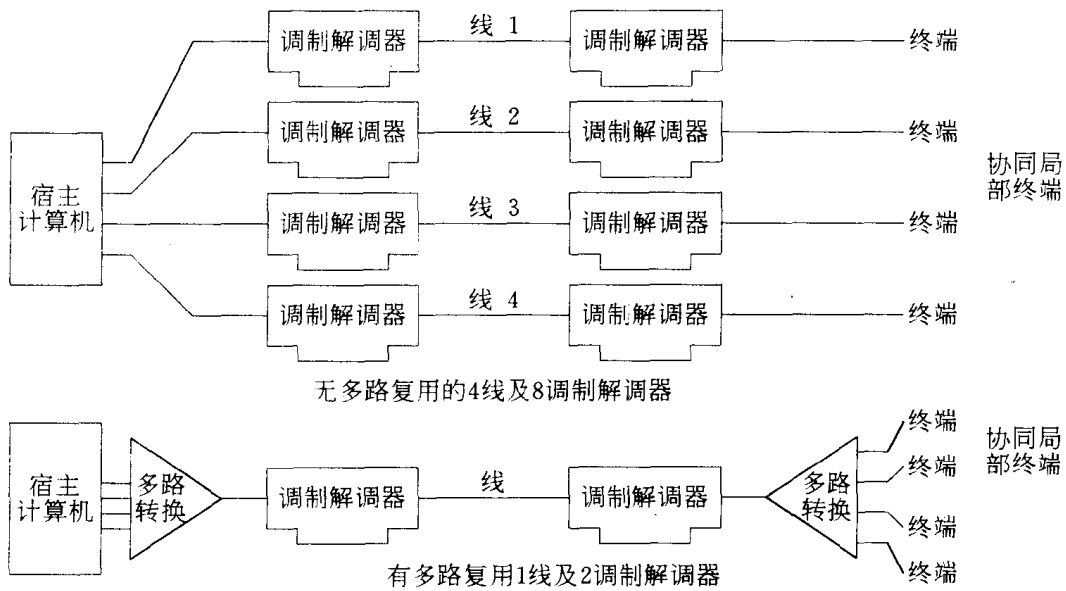


图1-9 多路复用

TDM 在接送端是将接收多道数字的输入转换成一个混合的数字输出,在接收端 TDM 作相反的分解工作,而将其接收的混合数据分离为原来各个通信道传送的数据,

如图 1-10 所示。

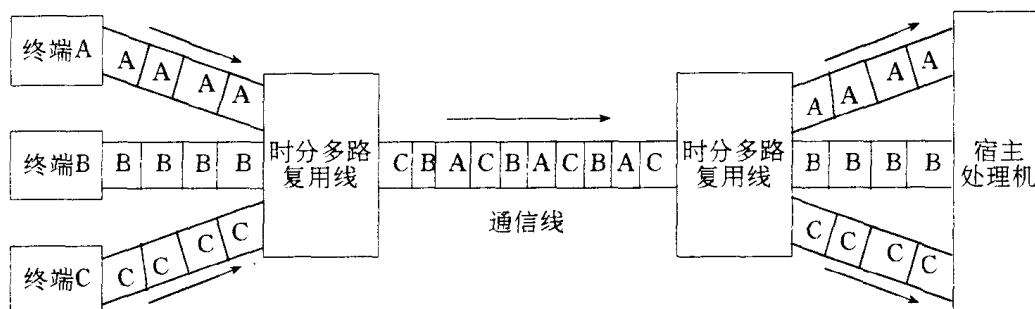


图1-10 时分多路复用

由于通信覆盖地区的差异而有**局域通信网**(local area communication network), **广域通信网**(wide area communication network)和**互连网**(internet)之分。局部主要指局限于一个小区域如一个单位网, 广域指通信网覆盖全省、全国乃至全世界的不少国家。

对通信而言, 主要涉及怎样在已存在的通信网中选择其最佳通信路线、以及怎样解决通信路线中的拥塞问题。这些我们将在第六章详细介绍。

1.3.4 通信软件

当今最有效的控制数字通信网是使用硬件与软件相结合的办法。很少反复改变的任务最好是作硬件模型实现。而动态任务如像终端维护的说明, 最好是通过容易改变的轮廓软件加以实现, 因改变该软件而不会影响其网络操作。数据通信软件通常对用户透明, 能在几个通信层上实现。有时为维护和设计上方便而产生一些专用的软件。例如 IBM 控制软件多用在大型计算机级, 而 DEC (Digital Equipment Corporation) 控制软件一般用在中等计算机级。

通信软件常用于管理如下的分配与控制:

- 数据传输使用的通信链。
- 为电子计算而集中一位置的资源请求, 包括大量的存贮器, 记忆存贮和 CPU 时间。
- 局部和远程应用软件之间的关系以及他们的数据库。

通信软件一般完成如下的任务:

- 各种设备之间的通信。
- 用户终端之间或用户终端与应用程序之间的通信。
- 数据库之间的通信。
- 应用程序之间的通信。
- 通信活动的控制与管理。

硬件一般支持线路、设备及演示功能, 而软件则控制任务的执行顺序。

1.3.5 在网络通信中还需解决的问题

在任何电子通信的设计中, 首先需要解决的是设备不兼容性问题, 如果设备的物理属性不一样, 为使其相互能通信, 对电信号而言, 必须在电流或电压一级使其信号兼容。对光导纤维系统而言, 必须在脉冲级别上, 要求频率带宽占据, 脉冲时间持续以及其他有关的信号元