

郑捷 黄英 刘林生 编著

计算机网络

点

通

中国纺织出版社

J

S

J

W

L

Y

D

T

前 言

目前,微型计算机(通常称微机)的发展速度惊人,它不仅体现在运算速度的提高、存储容量的扩展和销售价格的降低上;还体现在软件的开发趋于“傻瓜型”,让一些不懂微机原理的人也能够操作,使微机不再那么神秘,逐步深入到个人、家庭。这时,人们需要的不再是孤立地操纵一台计算机,而是希望同其他计算机交换信息,在更大的范围内发挥计算机的作用。例如,用微机收发信件(即电子邮件),查阅图书馆的书目和资料,订购商场的商品,订购及选定最佳搭配的中转飞机、火车、汽车及轮船票,预订旅店房间,咨询各方面的信息等。

而通信技术的飞速发展,有线与无线电话产品种类日益增多,加上光纤、微波、卫星通信已进入到实用阶段,交换方式不断更新、完善,这些先进通信手段的开拓,也给计算机网络与通信的发展打下了坚实的基础,更加促进了计算机和通信的相互结合、交融和渗透。如何建立和使用计算机通信网络,已是当今很多单位和个人必须掌握的一门新技术。

由于计算机和通信技术发展很快,而这方面专业知识又新,使得很多读者感到接受困难。其原因,一是过去对通信原理或数字通信接触甚少,新的名词、术语、概念甚多,很难深入;二是看到计算机网络专业书籍时碰到的公式和理论较多,令人费解。为使更多的非专业读者了解电话网和

数据通信原理,本书力图结合每人亲身的实践和周围熟悉的事物,引导读者了解有关数据通信的基本知识,赠与读者一把开启计算机网络大门的钥匙。

任何一项管理工作都包含着硬件和软件两大部分,例如交通管理,硬件就是各种不同类型的汽车、公路和交叉路口,软件就是交通法规;网络也是这样,硬件是线路和设备,软件是通信协议。故在计算机网络分析中,以交通为例并从这两点出发,介绍计算机网络的基本组成和原理。只有了解其原理,才能结合说明书或阅读有关资料,进行实际的网络安装与操作。希望本书能对广大读者有所帮助和补益。

本书在编写过程中得到赵大成高级工程师的帮助,在此表示感谢。另外,由于作者水平有限,加之时间仓促,书中不免会出现错漏,恳请读者批评指正。

作者

1998年9月于北京

目 录

 第一编 数据通信与系统	(1)
 第一章 概述	(1)
 第二章 信号是什么样的?	(10)
第一节 信号家族——信号的种类	(10)
第二节 信号转换——编码与解码	(17)
第三节 信号变换——调制与解调	(22)
第四节 信号特征——时域与频域	(27)
 第三章 信号通过什么传递?	(34)
第一节 导线传送——有线通信	(34)
第二节 空间传送——无线通信	(37)
第三节 传送损害——干扰与减损	(42)
第四节 传送指标——速度与质量	(46)
 第四章 数据是怎样传递的?	(50)
第一节 传送队列——串行并行	(50)
第二节 单双行线——通信方式	(52)
第三节 各行其道——频分复用	(55)
第四节 排队行驶——时分复用	(58)
第五节 交通指挥——同步转接	(60)

第六节 传错对策——差错控制	(67)
 第二编 计算机网络与协议	(73)
 第五章 计算机网络是怎样建立的?	(73)
第一节 组成与结构——网络拓扑	(73)
第二节 简单到复杂——网络发展	(78)
第三节 种类与功能——网络应用	(83)
 第六章 网络数据是怎样处理的?	(89)
第一节 改道行驶——调制解调器	(89)
第二节 用户经理——终端和主机	(93)
第三节 秘书交警——通信处理机	(100)
 第七章 网络信息是怎样管理的?	(107)
第一节 管理级别——体系结构	(108)
第二节 接口规定——物理层	(114)
第三节 联络规定——链路层	(118)
第四节 流向规定——网络层	(128)
第五节 端端规定——传送层	(136)
第六节 高层规定——高三层	(141)
 第八章 网络之间是怎样互联的?	(152)
第一节 局域联接——功能与应用	(152)
第二节 局网举例——总线与环型	(159)
第三节 网际联接——路由与网关	(172)
第四节 互联举例——Internet	(190)
参考文献	(195)

第一编 数据通信与系统

第一章 概 述

通信,系指利用电子技术来传送语言、文字、图像或其他信息等各种通信方式的总体。对一个通信系统来讲,它又是怎样完成信息传递工作的呢?

一、通信系统的基本构成

任何一个通信系统均包括三个最基本的部分(图 1-1):发送端、信道和接收端。发送端(信源端)是发送含有信息的信号源,就像我们说话的声波作用于话筒,话筒(变换器)便将其声能转化成电信号;信道是传送电信号的通道(有时称通信介质),它是导线(架空线、电缆等)、空间及光缆介质的统称;接收端(信宿端)是上述电信号传输的终点,通过它可转化成人们能接受的信息形式,如电信号恢复成说话的声音。

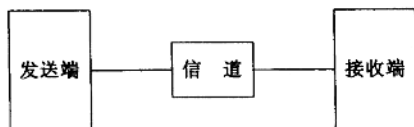


图 1-1 通信系统的基本组成

二、通信系统的分类

通信系统的分类可按信源和信道来划分:

(一)按信源分

1. 电话 它是传送语言声音的电通信方式。发话人和受话人在同一城市通话,称为市内电话;发话人和受话人距离较远不在同一地区,称为长途电话;发话人和受话人在同一个县的各交换点以内,叫农村电话。

语言声音的信号包含很多频率成分(见第二章),通常传送电话信号的频率范围(频宽)有一定的限制,多采用两种制式:一是宽频带制,频率限制在 $300 \sim 3400\text{Hz}$ 以内;二是窄频带制,频率限制在 $300 \sim 2600\text{Hz}$ 以内。这两种频宽都能保障很高的语言清晰度和自然度,因此,无论宽频带或窄频带有时均称为一个话路。

2. 电报 传送文字、符号、图表、图片等信号的通信方式,称之电报。电报又分为以下三种:

(1)直流电报:即用编码的方法传送文字、数字、符号的通信方式。传送频宽一般限制在 $0 \sim 100\text{Hz}$ 以内。

(2)音频载波电报:即将直流电报调制到音频范围(见第二章),并用长途电话的线路进行传送,传送信号的频宽在 $300 \sim 3400\text{Hz}$ 。

(3)传真电报:即直接传递文字的真迹、表格、图像的通信方式。传真占用的频带较宽,相当于话路的频宽。

3. 广播 广播是把信息向众多不指定的收听者单方面传送的通信方式。广播分语声广播和图像广播。

(1)语声广播:是传递语言、音乐的广播。为使音乐动听悦耳,音乐的占有频宽要大于语言频宽。一般广播信号频宽确定范围是 $50\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ 。

(2)图像广播:是传递图像的广播。如电视广播就是带有伴音的图像广播。我国现行的广播电视,按每帧图像扫描为 625 行计算,每秒传

送 25 帧(采用隔行扫描方式),那么图像信号带宽至少需要 6MHz,还需加上伴音 50Hz~10kHz 的频宽。

(二)按信道分

按信道不同介质划分,通信系统可分有线通信和无线通信两大类。

1. 有线通信 信号沿导线传送,为有线通信。常见的有线信道有:传送电信号的架空明线、对称电缆、同轴电缆等;传送电磁波信号的波导管,即空心铜管;传送光信号的是由光导纤维做成的光缆。

2. 无线通信 利用电磁波在空间传播来传送各种语音、文字、图像及其他信号,为无线通信。常见的无线通信有:无线电(中波、短波等)通信、微波通信和卫星通信等。

不同传输介质具有不同的传输特性,关于它们的特性将于第二章中讨论。

三、各种通信方式与设备简介

(一)电话通信

电话通信是我们最熟悉的。它是双向通信,即利用一对导线,甲、乙两方可以对讲。如何使甲、乙两方建立联系,然后实现双方对话?这中间有一个很重要的设备就是交换机。

电话通信中,所有的电话线都汇集到交换台的交换机中。最早出现的交换机是人工交换机,即用户拿起电话告诉话务员要接通的地址(号码),话务员用塞绳插到指定号码的插孔并给予振铃信号,对方电话铃响后,拿起话机就可以通话了。随着科学技术的发展,各种形式的自动交换机相继出现,如步进式自动交换机、纵横式自动交换机、电子式自动交换机、程控自动交换机等,这时用户只要在话机上按键(电话号码),交换机将自动接线而且接线速度越来越快。

早期的电话通信,一对导线只能传输一个电话(或称一个话路),对远距离长途电话来讲,很不方便。如很多人要向某地同时打长途电话,只能排队等候,并一个一个地打。为提高线路的利用率,出现了载波电

话通信方式,这样一对线可通多路电话,如 10800 路。其原理(详见第二章)是:将其他路电话分别调制到不同的较高频率,然后共同使用(或借用)这对导线进行传输,对方再把各路已调频率信号解调(还原)成原始的语音电信号,然后分别送往不同的话机。

随着光导纤维的出现,光纤通信已越来越被重视。一根光纤可通十几万路电话,它已经开始替代远距离传送的导线(电缆),所不同的是电信号进入光纤前要先转换成光信号,光信号离开光纤后再转换成电信号。

(二)电报通信

电报通信也是我们比较熟悉的。其原理是先将文字编成电码,然后以按键方式发送,收报局再将电码译成文字并交给用户。后来,在这种人工电报的基础上发明了莫尔斯快速自动电报机,特点是先用打字机打出带孔的纸带,送往发报机并自动快速读孔(编码),然后发报,接收电报局用打字机译出原始的报文。到了 20 世纪,载波电报开始出现,实现了一对线路的多路电报通信。以后又出现传真电报,它能保留原始文件的笔迹。直到现在,在法律上仍被认为这是有效的文件。

(三)图像通信

在现代化的通信进程中,人们对通信的要求已不仅仅局限于能听到声音和看到文字,还希望能及时看到形象的内容,如设计图纸、亲笔签字、文件报表、人物表情和实物照片等。前述传真电报和我们常见的电视等均属于图像通信范畴,它可分为静止图像通信和活动图像通信。下面举些常见的例子说明。

1. 传真机 从 1842 年英国人贝恩提出传真技术的概念开始,至今已有 150 年的历史。随着电子技术的发展,传真技术不仅得到广泛的应用,而且种类越来越多。

(1)文件传真机:它属真迹传真机,只传送黑、白两种信号,是目前企、事业单位对外和对内联络的一种主要记录通信工具。主要用于传

送统计报表、公文函件、亲手笔迹和图形,多用电话通信线路来传送传真信号。

(2)照片传真机:照片传真机主要用于远距离传送照片,如报纸上常注明的“新华社传真照片”。照片传真机与真迹传真机的不同之处在于,照片传真机主要用印相纸接收,它不仅有黑、白之分,还能显示出中间深浅程度的层次,故清晰和逼真程度要比真迹传真机好。照片传真机可用电话的有线或无线电方式传送,由于图片清晰,扫描线比较密,故传送时间较长。

(3)报纸传真机:报纸传真机实际上是一种高速、大滚筒的照片传真机,是目前远距离报纸发行的主要方法。报纸排版后,由报纸传真机将版样传递到远方城市,由当地印刷发行,这样大大减少了大量而沉重的报纸空运。由于报纸尺寸大,含有照片要求精度高,故多采用感光胶片接收,同时也便于制版印刷。报纸传真机一般占用60个电话话路进行传送。

2. 书写电话 书写电话由两部分组成,一是话机,一是书写机。其特点是,边通话边写字或画图,具有电话和电报两种通信功能。如果对方不在,可记录留言和书写内容。书写电话占用一个话路,其传送频宽中300~1800Hz用来通话(比一般话路窄),1800~3400Hz用于书写信号。

3. 电视电话 使用电视电话则边打电话边可看到对方的面部表情和手式表达。电视电话由话机、摄像装置、显像装置、电源、控制装置等组成。目前,电视电话分为两种,一是窄带电视电话,用一个普通电话的话路传送画面,由于传送频带有限,只能显示对方静止画面,对方的动作好像看幻灯片一样;另一是宽带电视电话,需用1MHz以上的频带宽度,这样必须占用上千个普通话路传送可动画面。除特殊场合,一般不采用宽带电视电话,显然,通一次话需交纳的费用较高。

以上介绍的几种通信方式与设备,对我们讨论计算机网络很有用。

它们都可与计算机相联,每个设备均可看作网络中的一个终端。现代生产的这些设备(如传真机)都设有与计算机相联的接口,以便在计算机通信时能随心所欲地操纵这些设备。

四、电信网

电信网是由电信通信设备和线路构成的统一体。电信网按传递信号不同可分为四种:电话网(传送语言信号);电报网(传送电报信号);传真网(传送照片和新闻图片等);数据网(传送数字信号)。目前,我国的电信网是以电话网为基体的,并以首都北京为中心,把分布在全国各地的通信网点联接起来,组成一个统一的、联合作业的通信体系。下面介绍电话网的分类与特点。

全国电话通信网可分为:长途电话通信网,包括干线电话网和省内电话网;市内电话通信网,完成市内和郊区的电话通信;农村电话通信网,完成县以下的电话通信。这里仅介绍长途和市内电话通信网。

(一)长途电话通信网

长途电话通信网的基本结构主要有三种形式,即直达式、辐射式和汇接辐射式,见图1-2。

1. 直达式 直达式长途电话网如图1-2(a)所示。它的特点是任意两个长话局(或称网络结点)之间的通信都有直达通路,不需要靠其他长话台进行转接联系。其优点是通话迅速,一旦线路故障可通过其他结点转接构成新的通路,故可靠性高。缺点是投资太大,随着长话台的增加,所需线路条数剧增,如图中4个结点,需6条线路;5个结点,需10条;29个结点,则需406条线路。

在我国,只有在通话业务量非常大的情况下才采用此种方式,如北京到上海、天津、武汉的长途电话网等。

2. 辐射式(又称星型) 辐射式长途电话网如图1-2(b)所示。它的特点是所有长话局都与中心长话局有直达通路,任意两长话台之间的通信都需中心长话台进行转接。缺点是一旦中心长话台瘫痪,整个

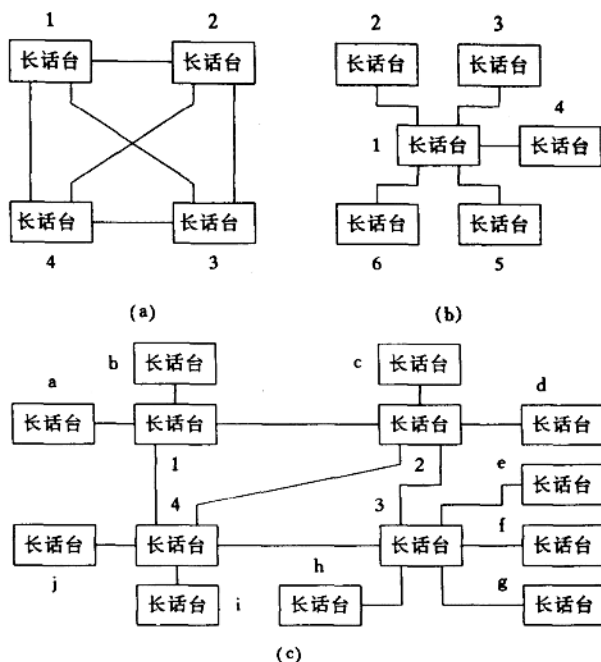


图 1-2 长途电话的基本结构
(a)直达式 (b)辐射式 (c)汇接辐射式

网络受阻。

当某一地区有一个较大的长话局,而其周边又有很多小的长话局,比较适合采用这种方式。如大城市周边有很多卫星城,总局与各卫星城的支局相联构成星型长途电话网。

3. 汇接辐射式(又称混合型) 汇接辐射式长途电话网如图 1-2 (c)所示。它的特点是直达式和辐射式的组合,即中心局之间(图中标为 1、2、4 的长话台)采用直达式,中心局以下的长话局(图中标为 a、b、c……的长话台)采用辐射式。此方式线路条数比辐射式稍多,但比直达

式少。

我国幅员广大,通信点众多。为尽可能经济而快速地发展电信事业,再加上长话又是在市内(农村)电话通信网基础上发展起来的,故我国长话多采用四级汇接辐射式,其结构如图 1-3 所示。

第一级为首都和省级大城市之间采用直达式。首都和省间构成汇接中心,其各汇接中心不仅是国内长话中心,也是国际通信中心。

第二级是以省为中心,即汇接中心多设在省会,向省内各市、地区采用辐射方式。

第三级是以地区为中心,即中心设在地区行政公署。向下(县)采用辐射方式。

第四级是以县为中心,由县中心汇接本县各城镇。

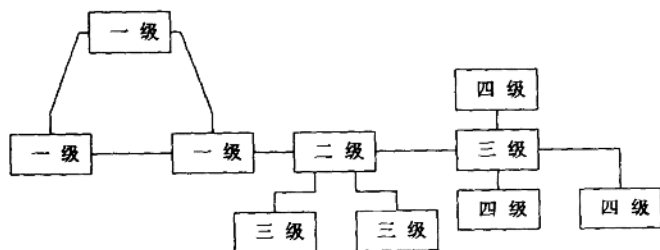


图 1-3 四级汇接辐射式结构

这种结构的优点是与我国行政区和经济开发区的划分紧密配合,缺点是转接比较多,特别是不同省份的县级之间的通信。

(二)市内电话通信网

市内电话通信网包括市内和市郊(县)的通信网。市内电话局一方面要和市内各种专线、特殊业务台、市内话机等沟通,另一方面要与具有交换设备的大单位话局、市分局、郊区电话局等沟通。

根据城市规模大小,市话局可分为单局和多局两种制式。单局制

是市内所有话机都通过电话局转接;多局制是电话局下设电话分局(见图 1-4),后者电话门数可达百万号。

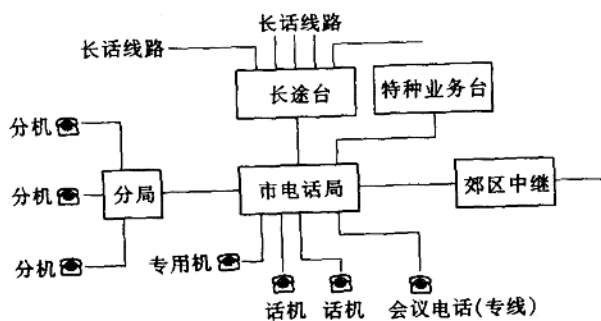


图 1-4 市内电话通信网

了解电话网的结构,对我们了解计算机网络大有助益。但电话网传送的信号是“模拟信号”,计算机网络传送的信号是“数字信号”。二者有何区别及特点呢?下面从通信的最基本问题——信号分析谈起。

第二章 信号是什么样的？

第一节 信号家族——信号的种类

信号是运载消息的工具，是消息的载体。从广义上讲，它包含光信号、声信号和电信号等。例如，古代人利用点燃烽火台而产生的滚滚狼烟，向远方军队传递敌人入侵的消息，这属于光信号；当我们说话时，声波传递到他人的耳朵，使他人了解我们的意图，这属于声信号；遨游太空的各种无线电波、四通八达电话网中的电流等，都可以用来向远方表达各种消息，这属电信号。人们通过对光、声、电信号的接收，才知道对方要表达的消息。

这里主要讨论电信号。对电信号这一支脉的家族来讲，它包含“模拟信号”和“数字信号”两大类。

一、什么是模拟信号和数字信号？

(一)模拟信号

模拟信号的电量(电压或电流)无时无刻不在模拟含有消息的物理量的变化，它的名字就是这样得来的。举例来讲，当我们打电话时，说话的声音产生声压(物理量)，当它作用于话筒时，话筒便将声压转化成电流(或电压)，该电流便模拟其声压的变化而变化(见图 2-1)，接收端可利用听筒将电流还原成声音。这就是 1876 年美国贝尔发明的电话通讯。图 2-1 中，电话线中电流 i 随时间 t 的变化规律正比于说话声压的变化，故归类于模拟信号。但需说明一点，图中电流 i (电信号)仅仅是模拟信号的一种形式，还有其他多种形式，这里不再深入分析了。

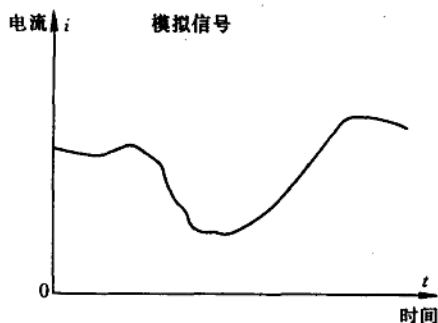


图 2-1 模拟信号举例

(二) 数字信号

所谓数字信号,系指用不同状态的电量(电压或电流)表示数字“1”或“0”的编码,见图 2-2。举例来讲,当我们打电报时,电报机要将文字转换成独特的电码(长音和短音的组合,即“1”和“0”的组合),并借助于通信线路将该电流(或电压)传送到对方,接收端再根据统一的电报字母表将其翻译成文字,这就是 1844 年美国莫尔斯发明的电报通信。该方法延续至今仍在使⽤,当然是作了些改进,如用固定宽度的电流表示数字“1”,即传号;用固定宽度的无电流表示数字“0”,即空号。同样,

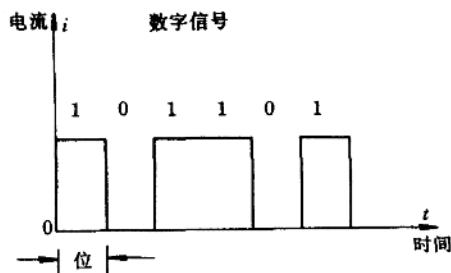


图 2-2 数字信号举例

这仅仅是数字信号的一种形式,还有其他多种形式。

通常所说的“二进制”,就是用两种状态的数字(“1”或“0”)编组。图2-2中“1”和“0”的宽度是一样的,每一个“1”或“0”都占有一个“位”,该位称作比特(bit)。目前多用8位的二进制数字组合成一个“字符”,即(十进制的)数字、英文字母及各种符号等。以后还会谈到“数据”,数据是用若干字符构成的特定含义。由于计算机只能根据输入电平(电压或电流)的高低来判断数字是“1”还是“0”。故当我们研究计算机通信或网络时,仅讨论二进制的数字信号。

二、数字信号的家族

数字信号有两大支系:一是“基带”信号;二是“频带”信号。基带和频带的名称来源,将在第三节中介绍。

(一)基带家族(图2-3)

图2-3(a)表示数字系统的发送端与接收端,中间用两根导线联接起来。我们知道,两根线才能构成电流的回路,信号才能传递或流动。如图中发送端从上线发出一个电流脉冲,当电流脉冲流到接收端后,需要返回发送端,它只能从下线回来,完成一个脉冲信号的传递。

根据图2-3(a)中电流脉冲的不同形式和不同流向,基带信号可分为很多种类。现介绍图中几种:

1. 单流脉冲 设发送端发出二进制码为“1001101”。图2-3(b)表示发“1”时有电流,发“0”时无电流。而电流方向始终是上线发出、下

