

第1章 Internet 正向我们走来

1.1 今日世界正在经历着一场革命

今日世界在经历着一场革命。这场革命早已静悄悄地开始,并且已经波及到世界上的大部分地区。几乎每天,在世界上的某一个角落,都会有类似下面的一些事件发生:

- 美国加利福尼亚州伯克利市的某位科学家在完成了某项实验工作以后,急急忙忙地奔向一台计算机前去发布有关实验结果的消息。几分钟之后,世界上几乎所有有关的同事就获悉了实验的有关结果。
- 美国德克萨斯州奥斯汀市的某个投资经纪人坐上一台计算机前,启动计算机后运行一个计算机程序查看纽约股票交易所当前的股票行情价格。随后,该经纪人通过计算机购买了两种股票,抛售了一种股票。
- 美国伊利诺伊州芝加哥市的一个小学班的孩子们正在学习使用计算机网络。这些孩子们运行一个计算机程序在图书馆中查找 Seuss 博士所著的一本书。
- 葡萄牙里斯本市的一位大学教授将教科书中对于某个例子的疑问用计算机传送到远在美国印第安纳州的教科书的作者,当天稍后,该位大学教授的计算机里就接收到了从印第安纳州发来的教科书作者的解释。
- 家住美国马萨诸塞州波士顿市的祖父母想去旅行和看望自己的孙儿,于是,他们用计算机询问了航班的情况,预订了旅馆,并且购买了机票。
- 三个公司的总裁想要开一个会,其中一个在纽约,另一个在佛罗里达,而第三个正在科罗拉多度假。他们每人坐在各自一台带有摄像机和麦克风的计算机前。于是,三人互相都可以从计算机的屏幕上看见对方的图象和表情,听见对方的声音。
- 位于美国佐治亚州亚特兰大市的一个计算机程序每天准时在下午 6:00 开始运行,将该公司每天销售收据的副本传送到法国巴黎的分公司办公室。
- 台湾的某位中学生使用计算机参观了夏威夷大学的校园后,又用计算机向正在澳大利亚旅游的亲戚发了一份传真。

上述这些事件有什么共同点呢?那就是在一个事件中,人们都在使用 Internet——一个正在使我们工作和娱乐的方式发生革命性变化的通信系统。

如果你认为 Internet 似乎不会给自己带来什么影响的话,那您就犯了一个错误。事实上,Internet 会影响我们每个人的工作和生活,并且这一影响会很快到来——可能已经来到了我们的身边。下面这些统计数字可以说明这一点:

- 目前,Internet 延伸到 61 个国家,有好几百万的人员在使用这一网络。
- 在美国,超过一半的两年制和四年制的学院和大学在使用 Internet。
- 美国军方使用 Internet 的技术已经有十多年的历史。Internet 在类似“沙漠风暴”的军事行动(Operation Desert Storm)中扮演着重要的角色。

- 美国科学家从 1980 年起就开始使用 Internet。
- 美国总统和白宫,以及很多设置在其他国家的美国驻外政府机构通过 Internet 可以互相通信。

1.2 数字不能完全说明问题

人们经常用连到 Internet 上计算机的数量来评价 Internet 的影响和重要性。然而,传统的计算机互连只能说明一部分问题,而非全部。Internet 已经延伸到海上的船只,空中的飞机,陆地上的汽车。私人公司可以通过电话系统来访问 Internet 的服务。从任何一个有电话的家庭或办公室访问 Internet 已成为可能。

要估计 Internet 的影响,人们可能会问:“Internet 影响了人类的哪些方面?”答案是:“几乎所有方面。”

于是,问题就成为:

“Internet 时代已经来临,您是否做好了迎接它的准备?”

1.3 学习 Internet

本书力图从最广泛的角度和意义来回答“什么是 Internet?”这一问题,阐述了计算机网络的起源以及如何应用计算机网络解决日常的问题,集中讨论了 Internet 所能提供的服务,以便有助于读者理解这些服务的重要意义。

学习 Internet 不是一件一蹴而就的事情,也就是说,不是在一夜之间就可以学会的——永远不要停止学习,因为 Internet 永远在变化。Internet 好像一个书报摊——有新的信息或资料,就替换掉老的信息或资料。每次光顾一个书报摊或访问 Internet,都会得到一些新东西。

当然,Internet 中信息更新的速度要比日常生活中普通书报摊信息更新的速度快得多。事实上,由于 Internet 中的信息来源于计算机和自动化的系统,因而瞬息都在变化。例如,如果某人在一分钟之内从 Internet 查看两次天气预报,两次查询的结果可能是不同的,因为计算机不停地根据测定的天气预报数值,更新所存储的天气预报的信息。

Internet 除了可以比作一个书报摊外,还可以比作一个图书馆,因为 Internet 提供了许多用来从中检索信息的工具。例如,在一个典型的图书馆中,通常有一个卡片目录和索引台。同样,Internet 中也有类似的服务,以帮助用户检索信息。

1.4 深刻理解 Internet

有下面三方面的原因导致学习和理解 Internet 非常困难:首先,由于很少有人在学习 Internet 之前有使用计算机网络的经验,因而,绝大部分读者学习 Internet 时不能依赖于直觉和过去的计算机使用背景;第二,由于不同型号的计算机有差别,因而使用时不能将针对某一型号计算机的有关 Internet 的具体细节想当然地套用到所有的计算机;第三,由于 Internet 的变化和增长非常迅速,因而要找到一本对 Internet 所能提供的服务进行完整说明的

资料是很不容易的,另外,要在 Internet 中检索到所关心的数据的存放位置也不是一件容易的事情。

为了避免读者受 Internet 的一些不太重要的具体问题的纠缠,我们不去论述 Internet 的具体细节,而主要考察 Internet 的基本原理。另外,我们也不去论述如何具体使用某种品牌的计算机、某种计算机软件以及 Internet 的某种具体服务,而是考虑 Internet 的基础知识:Internet 是怎样工作的以及 Internet 的基本工作机制在各种信息服务中是如何使用的。我们的重点将集中在 Internet 的各种功能。

理解 Internet 的各种功能后,再阅读有关如何使用 Internet 的各种计算机手册或资料,以及实际使用 Internet 就很容易了。特别是,由于绝大多数计算机手册或资料只是介绍如何完成某一任务或操作的具体细节,而不涉及为什么要完成这一任务或操作,也就是说,绝大多数计算机手册或资料只告诉读者应该这样或那样,而没有说明为什么这样或那样,因而,绝大多数初学者都感到这些手册或资料很难读懂。知道 Internet 是如何工作的,以及 Internet 所提供的每种服务的目的是什么,将有助于读者更透彻地理解各种细节。

1.5 Internet 的术语和技术

Internet 由于在技术上相当复杂,因而派生出很多吓人的术语。本书使用大量的比喻和例子来更清楚地解释 Internet 术语,通过这些术语来说明 Internet 的各个部分是如何组织在一起的,突出 Internet 的基础而非细节,讨论 Internet 提供的各种服务,阐明这些服务的灵活性及适应性,并且指明如何使用这些服务。

更重要的是,本书介绍了计算机网络和 Internet 中所用到的技术术语。通过讨论通信系统是如何发展演变的(例如,数字信息和模拟信息的差别),来从历史的角度给出这些术语定义,而不是对它们的简单罗列。另外,本书举例说明计算机术语时,不是以计算机网络为例,而是将这些术语与日常生活相联系。

1.6 Internet 的发展及其适应性

关于 Internet 的一个秘密——为什么在短时间内取得了巨大的成功?在 Internet 成长的过程中,各种试图提供与 Internet 相同服务的尝试都失败了。相反,Internet 由于在技术上和实践中都能够适应各种变化,因而一直在发展壮大。我们将在本书中考察为什么 Internet 的技术如此先进以及 Internet 是怎样适应各种变化的。

Internet 的另一个令人费解的地方是其不可思议的增长速度。本书将说明 Internet 今后如何继续增长发展以及这种增长的最后结果。

1.7 Internet 的影响

大概 Internet 最重要、最显著的方面是其在社会上的影响。从最初局限于少数的几个科学家使用开始,Internet 正在被社会所广泛接受和使用。Internet 正在延伸到世界上各个政府部门、商业、学校以及家庭。本书将讨论 Internet 如何改变人类的生活,以及未来社会是什

么样的！总之，本书的后几章将讨论什么是 Internet 以及 Internet 能为我们做什么。

1.8 本书的组织

本书按四个部分来组织。第一部分(第 2 章到第 6 章)介绍通信系统的概念和有关的术语。读者如果已经懂得数字通信和模拟通信(一般的普通通信服务以及二进制编码),那么,可以跳过这一部分。第二部分(第 7 章到第 10 章)考察了 Internet 及其不可思议的增长的历史。第三部分(第 11 章到第 17 章)阐述基本的 Internet 技术和功能,说明 Internet 中的硬件是如何组织起来的,以及软件是如何提供通信服务的。由于这一部分是其后各章的基础,因此,读者一定要理解这部分的内容。最后一部分(第 18 章到第 27 章)给出了 Internet 目前所能提供的服务。对于每一种服务,既说明了其工作原理,又给出了如何使用这种服务的方法。

1.9 作者手记

我现在仍然记得:几年以前的一个偶然机会,一位大学同事直截了当地问我这样一个问题:“什么是 Internet?”。当然,我已经从事 Internet 的研究多年,并且写了一本很通俗地论述 Internet 及其设计原理的大学教科书。我本人也了解很多关于组成 Internet 的硬件系统和软件系统,计算机是怎样连在一起以及通信的具体细节,同时,我也认识大多数 Internet 技术的研究人员。当时,我迷惑不解的不是问题本身,而是提出问题的人——一个已经了解了 Internet 基本的技术细节,并且读过我写的关于 Internet 教科书的人。我当时无话可说。

当我正在仔细思考这个问题的时候,我的同事以为我误解了他的意思,接着说:“我不是想知道关于计算机和电缆的有关知识,我的意思是,从更广泛的意义来说,什么是 Internet? Internet 将来是什么样子?难道您没有注意到 Internet 正在变化吗?十年以后哪些人将使用 Internet?这些人使用 Internet 来干什么?”

这些问题很重要,因为它们涉及到 Internet 的演变和发展。在 Internet 的早期,其大多数用户是设计和建造 Internet 的专家。现在,Internet 已经走出了其初期的研究阶段,成为一个强有力的工具,Internet 正几乎被每个人使用,这是当初设计和建造 Internet 的专家所没有料到的。

第一部分

Internet 之前的通信系统

——简介、概念及术语

第2章 电话的普及

2.1 摘要

本章介绍全球性通信业服务的概念。它通过一个大家都熟悉的例子来说明全球性通信业务如何影响我们对通信服务的看法,从而说明为什么当 Internet 在全球普及的时候,我们每个人都离不开它。

2.2 一种新的通信服务

Internet 是一种通信技术。与电话一样,通过 Internet,人们可以以一种新的方法通信。然而,20 世纪 90 年代的数字通信对于我们来说和 19 世纪 90 年代的电话通信对于当时的人类来说一样遥远。我们从电话的发展过程中可以学到在 Internet 中同样存在的很多东西。

2.3 推销电话业务

为了理解一种新的通信技术如何渗透到整个社会,我们回顾一下大约一个世纪之前的情景。假设您是当时美国某个小镇上的一个电话业务推销人员。

考虑到各方面的因素,您所处的是一个充满希望的经济时代,工业界充满了乐观,让人欣喜若狂。总之,社会正在经历着一场工业革命。到处会发现,机械代替了手工劳动;作为新能源的蒸汽机代替了水轮机和畜力;有些工业已经开始使用汽油作为动力的发动机。工厂生产的产品比以往任何时候都要多。

当然,一个世纪以前的电话业务推销人员可能没有多少使用电话的第一手经验。在出去推销电话之前,您可能只看过几次演示。

假想一下,你做为一个电话推销员走进一家小公司,然后对公司老板解释什么是电话业务。您该说些什么呢?您也许会告诉老板,公司需要一部电话,因为电话可以使客户更方便、更容易订货。您还可能会讲,公司雇员可以通过电话同供应商保持联系,订购原材料,追踪没有按照时间表运达的货物。您还可能问老板:“如果你同其他公司的老板一起出去共进午餐,难道不想用电话将午餐在几秒钟内安排好吗?”。您可以告诉老板电话使用起来很容易。或者,您可以指出几个更为重要的问题,比如公司发生了火灾,可以用电话立即接通消防部门,这样可以保护公司的财产和职员的人身安全。

听了推销员的介绍,公司老板会做出怎样的反应呢?有些老板会很感兴趣;但大多数老板会表示怀疑。少数一些人会很高兴,但其他大部分则会感到愤怒。虽然有一些人会认为这主意很好,但大多数人会哈哈大笑以为是天方夜谭。一些老板会重新规划公司的组织和运营,但大多数老板将坚持原有的而无动于衷。少数一部分人需要一部电话只是因为电话是一个新生事物,拥有一部电话是其身份和地位的象征。无论这些人说什么,绝大多数公司的老

板仍然相信没有电话他们的公司也会像过去一样继续运转。

2.4 有限的业务

没有亲手使用过电话而去推销是有些困难,那么是否有了使用电话的经验后电话推销会容易些呢?假设您在一个电话的世界长大,并且一生之中都在使用电话。现在您再退回到100年前来推销电话业务。您可能认为现在应该很容易说服人们购买电话业务,因为您知道如何使用电话,但您会惊奇地发现事情不是您所想象的那样。

您推销电话业务过程中受到的第一个打击是获知一个世纪前的电话业务与现代社会的电话业务不一样。那时,电话业务意味着局部的业务。每个城镇或村庄自行独立决定什么时候架线,什么时候雇佣电话接线生,以及什么时候提供电话业务。更重要的是,每个村镇自行选购适合自己要求和预算的电话技术。结果造成虽然有很多电话系统,但他们之间相互不兼容——从一个村镇架线到邻近的村镇并不能保证两个村镇的电话系统可以一起运转。从商业的观点来看,即使一个公司安装了电话,也不能用它从本国的其他地区订货。但很快会发现:

每个村镇间无关的局部电话业务限制了电话的使用。

2.5 高成本

在大约一个世纪之前推销电话业务,您遇到的第二个打击是获知即使电话业务可以购买但价格也十分昂贵。一个普通家庭负担不起一部电话。除去购买电话本身的费用以外,许多电话公司还要向每个用户收取合理的安装费用。一条街上的第一个用户必须负担从电话局拉电话线到该条街上的费用。其后的其他用户只需负担从街上拉电话线到自己家里的费用。结果造成,在一个地区说服第一个用户要比说服后续的用户困难得多。更重要的是,对于大部分生活在郊区的人们来说,电话业务绝对不可能实现。

向个人推销电话业务失败多次以后,您会向您的老板报告这样一个结论:

在其成本降到普通家庭可以承受之前,电话业务作为一种商业活动是不可行的。

2.6 艰难的转变

在没有电话的世界里,说服一个企业安装一部电话看起来似乎是不可能的。如果企业不能用电话与本国远地的供应商联系,或者本地区的顾客也不能轻易使用电话,那么该企业没有多少经济上的理由来安装一部电话。事实上,考虑到我们现代世界的电话服务和大约一个世纪之前的电话服务,您会意识到:

在通信服务中最最重要的一个思想是其覆盖程度——如果没有其他人有该项服务,那么该项服务毫无用处;如果每个人都拥有这项服务,那么,该项服务会成为必需的。

从一个极端到另一个极端的转变是很困难的,它要求在经济利益显而易见之前,企业和

个人投资于一项新的通信技术。如果企业或个人选择了一种不受欢迎的技术,那么会导致投资不能收回。即使其他公司或个人也采用了同样的技术,也可能会由于没有足够的用户而不能从经济上支撑下去。当一项新的技术到来时,大多数的人们持保留态度而默默观望。他们会等待观望别人怎么做而使自己的投资风险减到最小。

2.7 随处可得的通信服务

为什么美国的每个人最终都选定电话业务?这可以从历史中找到答案,因为当初美国政府认为,无处不在的电话业务对整个国家很重要。许多其他国家的政府也得出了相同的结论。美国政府建立了一个国家管理的垄断公司——美国电话电报公司(AT&T),该公司全权管理电话业务,以使每个家庭和每个企业都可以获得电话业务,管理收费比率以使普通家庭都可以负担得起电话业务。该公司要使电话不仅遍及城市,而且要遍及郊区。更重要的是,政府鼓励AT&T将所有局部的电话业务互连起来,使之成为一个单一的、大型的电话业务系统。

因为只有由一个公司拥有和管理美国电话网络的绝大部分,很多工作就容易多了。例如,AT&T可以规范一个城市的电话系统如何与另一个城市的电话系统互连的具体技术细节。一个公司拥有整个电话系统使得电话技术的推广相对容易。同时,一个公司拥有整个电话系统也使定义全球范围的电话号码系统相对容易。一个城市的用户可以直接拨通另一个城市的用户。

简而言之,政府这一行为的结果是使普通家庭能够负担得起遍布全国的电话业务。在短短的几十年,大多数的企业和居民都能够使用电话。当然,即使没有政府的介入,遍布全国的电话业务终究也会到来。但我们仅仅能够推测到那会是一种什么样的情况。重要的不是政府的参与,而是电话的普及使得全球性的电话业务成为现实。企业界清楚全球性的电话业务意味着商业程序的改变,当企业和个人开始对电话产生需求的时候,电话对于每个人的重要性就显而易见了。获得一部电话成为一种必需。电话业务从一种富人的奢侈储备成为普通家庭的一种必需。

在美国,电话之所以成为20世纪通信系统的选择是因为政府将全国的电话业务交给一家公司管理从而保证人人都可以从中受益。

2.8 与Internet有关的东西

与电话系统一样,Internet同样提供通信服务。目前,Internet正处于从有限的业务到全球性业务的艰难转变时期。虽然Internet网络互连增长迅猛,但还没有延伸到每一个人。虽然美国政府对Internet的发展做了很大贡献,促进和推动其发展,但还没有决定将Internet全球性服务交给一家公司来管理。因而,与电话系统不同的是,Internet的发展依赖于经济。结果Internet以一种随意的方式发展。Internet的大多数用户仍然是大学和企业,而非个人。

在Internet从有限的业务向全球性业务转变的过程中,说服从未使用过Internet的人使用Internet,告诉他Internet会提供许多激动人心的东西就像在电话未曾成为全球性的电话

系统之前推销电话业务一样。目睹 Internet 技术的人常常礼貌地微笑着,并且不断地点头。但他们同时也在想:“这些都非常好,但怎样使用它呢?”这就像一个从未见过电话的人问的问题:“是的,我知道电话是怎么回事,但我去给谁打电话呢?”。

毫无疑问,答案就是:一旦每个人都连到 Internet,那时人们就会想用 Internet 去与本地区的学校联系,与企业联系,与朋友联系,与政府部门的办公室联系,与各种计算业务联系,与数字银行联系,与亲戚联系,等等。本书的后续章节将讨论 Internet 的发展,指出 Internet 在不久的将来会成为全球性的通信服务系统。

第3章 模拟通信

3.1 摘要

Internet 能够传输多种形式的信息。本章讨论模拟信号,并说明模拟信号如何编码成数字信号。我们拿声音作为例子。

3.2 声音、振动和模拟录音

高速公路的工程师使用一种简单的机制提醒司机前方收费站的临近。他们在公路上安装了一系列的小块。当汽车压过这些小块时,轮胎将振动。人就会听到振动的声音。

早期的机械式的留声机采用同样的思想来播放声音。一个一端带尖的小针,称作唱针,滑过一个表面上有用来记录声音的凹凸不平的小块的唱片。当唱针滑过突起时,振动一个扁平的振动片,产生的振动对人来说感觉到就是声音,这种机理如图 3.1 所示。

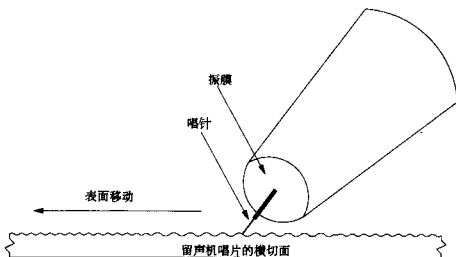


图 3.1 早期留声机在当唱片经过唱针时,其上的突起如何引起振膜振动的图象

类似留声机的设备称为模拟设备,因为它们是以真正模拟的方式记录和播放声音。留声机唱片上的突起是声音振动的真正模拟。例如,突起的高度控制声音的高低。柔和的声音,对应的突起相对平坦,高昂的声音,对应的突起相对尖锐。如果唱片上没有任何突起,留声机

就放不出任何声音^[1]。总结一下：

模拟设备以真正物理模拟的方式保存信息。例如，早期留声机唱片上的突起对应我们听到的声音的振动。

3.3 模拟电子设备

早期的留声机完全是机械的。而现代的录音设备是电子的。例如，盒式录音机同样使用模拟技术。录音磁带表面上的磁性材料就是声音的模拟，录音机利用这些磁性材料放出声音。高昂的声音对应的磁性材料多，柔和的声音对应的磁性材料少。事实上，考虑到磁性材料与声音互成比例，模拟就很好理解了：磁带表面上磁性大小与声音的高低成正比。

盒式录音机在播放磁带上的声音时，录音机中的电子电路感应到磁带上的磁性，产生正好是磁性的模拟的电流。磁带上的磁性小，产生的电流也小，磁带上的磁性大，产生的电流也大。因而，我们可以说：

如果一个电子设备所产生的电流与其输入成正比，那么我们就说该设备是模拟设备。

3.4 许多电子设备是模拟设备

我们熟悉的许多电子设备都是采用模拟技术。例如，调幅(AM)或调频(FM)收音机，立体声音响系统以及电视都使用模拟电子电路。事实上：

一个时期以来，大多数电子设备使用模拟技术来存放、放大和播放图像或声音。

3.5 最早的模拟通信

模拟通信是早期的电话系统中很重要的一个部分。早期的电话包括两个基本部分：将声音转化为模拟电信号的麦克风和将模拟电信号转化为声音的耳机。当人们对麦克风说话时，模拟声音的电信号沿着电话线传到另一端的电话机，再将电信号转化为声音。由于电话系统使用模拟信号，因此，声音越大，产生的电流越大。

早期的电话使用一种模拟信号机制将声音从一个地点传送到另一个地点。电话机之间电流的大小与声音的大小成正比。

3.6 模拟虽然简单但不精确

模拟设备最容易理解，因为我们所做的绝大多数事情都是模拟的。例如，当我们用力打开一扇门时，门的移动就是作用在其上力的模拟。又如，人们说话声音的高低正是作用力声

[1] 实际上，留声机通常会有一些噪音，因为唱片的表面不可能绝对平滑，其上有许多小的划痕。每播放一次划痕也就更多一些，唱片的效果也更差一些。

带上的力的大小的模拟。类似地,一个人说话的声调正好是伸缩其声带所用力的模拟。

虽然模拟对人类来说很自然地容易理解,但模拟设备有些缺陷。概括起来就是:模拟设备不可能产生所有可能输入的精确模拟。例如要将高昂的鼓点声录制在盒式磁带上,磁带上的磁性必须与鼓点声一起时的位置对准。然而,由于对准的精度受到磁性材料的限制,因而,不可能有足够高的磁性来录制任意高昂的鼓点声。进一步来说,由于磁带播放时表面要受到磨损,因而,磁带每播放一次,磁带上录制的声音都要有少许减弱。

导致模拟不精确的另外一个原因是电子放大器的不精确。电子模拟设备会不自主地改变其输入信号。因而可能将声音破坏,录制的精确,或有噪音。我们将这种变化称为失真。例如,当将音频放大器的音量开到最大并且不接收任何输入时,我们会听到音频放大器产生的噪音。

一言以蔽之:

模拟设备总使输入失真并且有噪音。

3.7 在线路上传输模拟信号

当电流通过导线时,一些信号会丢失。虽然工程人员将其称为信号衰减,但能量并没有真的丢失,只是转化为热能而已。这一后果对模拟电子信号来说很重要:当电流通过导线,一部分能量转化为热能时,信号变得越来越弱。例如,假设电子信号是声音信号,那么,当信号经过很长的导线传输时,声音的音量将越来越低。

对于模拟电话系统来说,信号衰减会导致一个问题,这意味着当声音信号以一部电话沿导线长途传输到另一部电话时,信号将减弱。如果两部电话距离很远,则信号可能太弱,以至于转化为声音后而听不见。在早期的电话系统中,信号衰减的问题相当严重,以至于电话只能在一个小的局部地区使用。

随着电话业务的发展,电话公司通过在系统中加入信号放大器解决了信号衰减的问题。在线路中,每隔一段距离放置一个信号放大器来放大变弱的信号。放大后的信号具有足够的能量传输到下一个放大器。最终,信号到达其目的地,如图 3.2 所示。

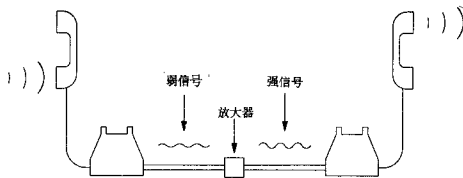


图 3.2 使用模拟通信的电话系统在远距离通信时需要放大信号

当然,模拟电子设备永远不可能是精确的。两部电话机之间的每个放大器都会使信号失

真,并且产生一些噪音,产生的噪音随信号一起传输,并且在下一个放大器会被放大。模拟电话系统中用一些特殊的信号过滤器来防止声音失真和消除噪音,但在弥补声音失真和消除噪音的同时也意味着要丢失一部分真正要传输的声音。过滤器在消除不想要的声音时本身也会使信号失真。

3.8 数字音乐

早在几年之前,音响器材界就开始出售一种新的音乐媒体,称为激光唱盘或 CD。广告媒体总是炫耀激光唱盘或 CD 比录音磁带要好,因为激光唱盘或 CD 是数字录音的。当 CD 出现时,大多数人并不知道“数字录音”意味着什么,以及数字录音是怎样播放的和为什么 CD 要比录音磁带好。如果一个客户询问数字录音是什么意思,那么,一个简单的定义是:

数字录音是使用数字来记录信息,而不是像通过唱片上的凹凸起伏和磁带上的磁性来物理模拟的一种技术。

3.9 数字革命

数字革命并非是以激光唱盘或 CD 开始的。而是由于贝尔实验室(Bell Laboratories)的科学家发明了一种称为晶体管的静态交换电路才使当今的数字世界成为可能。在科学家和工程师找到将晶体管结合在用硅晶体制造的集成电路^[1]的方法以后不久,数字革命才开始。

一块集成电路是由许多电子元件组成的。这些电子元件用导线互连在一起,集成在边长为十分之几英寸的正方形芯片上。经过深入的研究,集成电路制造商已经找到将晶体管的体积缩小,使集成电路更为复杂的方法。目前,可以制造每片含几百万个晶体管的集成电路。

集成电路的重要性在于其经济性。由于集成电路可以以很低的成本大量生产,目前可以大量生产复杂的集成电路,而这些集成电路如果是用单个分离的电子元件来制造将非常昂贵,以至于是不可能的。

大多数的集成电路主要是为计算机设计的。例如,微处理器是一块集成电路,它是现代计算机的心脏——一块微处理器包含了加、减、乘、除,比较运算所需的所有电子电路。另外,微处理器还能够从计算机的内存中取数或将计算机结果保存到内存中。

3.10 计算机是数字的

与先前讨论的模拟设备不同,计算机是数字设备,之所以称为“数字设备”,是因为:

在计算机内部,所有信息都是用数字来表示的。

例如,当用户在计算机键盘上按下一个键,键盘就将一个数字传给计算机。当计算机在屏幕上显示文字或给出图形时,同样是使用数字。

[1] 集成电路非正式地也称为芯片。

由于计算机是数字的,因而专供计算机使用的微处理器和其他集成电路也是以数字形式工作的。由于计算机电路非常灵活,所以计算机可以有各种不同的用途;由于计算机电路价格低廉,因而工程人员已经将计算机用在多种设备中。例如,微处理器被广泛用于便携式计算机、汽车、电视、电冰箱、微波炉以及办公设备中,微处理器也用于控制加热部件、飞机、照相机以及交通信号灯。

3.11 数字录音

以数字形式录音似乎不太可能。但归根结底,我们知道,声音是变化的音调 and 音量的一系列振动。声音似乎与数字没有多少关系,之所以能够进行数字录音是因为:计算机电路工作的速度要比人耳和已有的将模拟信号和数字信号进行相互转化的设备的速度高出许多。

3.12 将数字信号转化为模拟信号

为了理解数字录音,我们先来看一个例子:考虑夏日的温度。早晨,温度可能较低,天气很凉快。但随着太阳的升起,温度很快上升。在正午时分,温度达到最高,而到了晚上,温度开始下降。设想在屋内产生与户外完全相同的夏日的温度。假设你用一个灯泡作为热光源,一个光度调节器开关控制灯泡产生的热量以及一个温度计。

要重新产生某一天的温度,我们必须将那一天的温度记录下来。我们在屋外用温度计每隔一定时间(例如,半小时)记录一次温度。第二天,我们将温度记录表和温度计拿到屋内,放在灯泡旁边,通过调节光度调节器的开关,我们可以每隔半小时升高或降低灯泡的温度以便使其与前一天户外的温度完全相同。

计算机在以数字方式将声音录制在激光唱盘或 CD 时使用同样的技术。传统的麦克风产生模拟电子信号,模拟信号通过导线传输到数字录音机,在数字录音机中,计算机周期性地定时采集到来的信号并且据此产生一个数字表示那一时刻信号的大小和强弱。由于计算机的运行速度很快,因而能够在几秒钟内产生上千个数字。这些数字被保存并传输到激光唱盘或 CD 上。反过来,当激光唱盘或 CD 在播放时,播放机内部的计算机读取这些数字,计算机用这一系列数字重新产生与原始信号相一致的模拟信号。输出信号经过一个传统的放大器到达传声器发出声音。

用于将模拟信号转换为一系列数字的电子电路称为模拟-数字转换器,通常简称为模-数转换器或 A-D 转换器。模-数转换器或 A-D 转换器对电子信号进行采样,产生与之相对应的一个数值。计算机周期性地定时从模-数转换器中读取数字并将他们保存起来。模-数转换如图 3.3 所示。

要将激光唱盘上的声音播放出来,计算机需要一块称为数字-模拟转换器(数-模转换器或 D-A 转换器)的集成电路,如图 3.4 所示。

在重现数字激光唱盘或 CD 上的声音时,计算机从 CD 上读取数字,并将这些数字送到数-模转换器,数-模转换器产生模拟电子信号。模拟信号随后被放大并通过扬声器播放出来,由于计算机往数-模转换器中送数的速度相当快,所以我们的耳朵听到的声音好像是连续的。



图 3.3 进行模拟-数字转换的集成电路。模拟数字转换器将输入的模拟信号转换为数字序列值输出

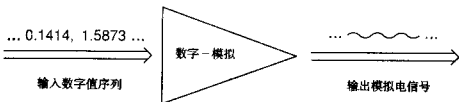


图 3.4 进行数字-模拟转换的集成电路。数字模拟转换器将输入的数字值序列转换为模拟信号输出

3.12 为什么要采用数字

本质上,激光唱盘或 CD 上仅是简单地存放了一个很大的用于描述如何据此重新产生模拟信号的数字序列。CD 之所以令人神往是因为其在播放时不会“磨损”。由于 CD 上的数字被编码,因而可以被激光检测到。因而,CD 在播放时,没有任何东西触及表面。进一步来说,激光唱盘在制造商进行复制时也不会受到磨损——每一份复制盘与原始盘完全一样。另外,CD 上也没有像模拟录音带上的那么多噪音。例如,歌曲之间的间隔在 CD 盘上是数字零,表示不产生任何电子信号。

3.13 小结

声音就是振动。声音信息最自然的表示是使用一种模拟形式!模拟量的大小与声音的大小成精确比例变化。特别地,留声机上凸起的高度或盒式磁带上的磁性大小是所录制的声音的音量大小的模拟。声音信息也可以用一种数字方式表示,意思是使用一串数字来表示声音。数字表示对计算机来说最方便,因为计算机将任何事物都表示为数字。

在阅读本书余下的章节时,要记住两个重要的思想:

- 数字表示的主要优点是信息在存储、复制或传输时不会失真。
- 包括声音和图象在内的信息,均可以以数字形式进行编码。

第4章 数字网络的过去和未来

4.1 摘要

本章讨论数字通信的概念,说明怎样只用两个基本符号将数字信息进行编码以便传输。

4.2 通信世界曾经是数字的

前一章曾说过,一个时期以来,大多数的电子设备是模拟的。情况确实如此,在激光唱盘或CD出现之前,AM和FM收音机、立体声音响、电话以及电视都是使用模拟电路。但令人惊奇的是,最早的电子通信设备却不是模拟的。在电话首先使模拟通信流行的几十年前,世界上却在使用数字通信!

在大约150年前,人类已经能够将一条消息从一个城镇发送到另一个城镇。所采用的技术就是人们共知的电报,电报技术在当时非常流行,以至电报线路很快就扩展到全国范围。

电报操作的原理与墙壁上的开关控制屋顶上的电灯的原理相同。开关安装在墙壁上合适的高度,既远离电源又远离电灯泡。一对接入开关的导线将电流传输到开关后再传到灯泡。当开关在“断开”的位置时,电路断开,没有电流流向灯泡;当开关在“接通”的位置时,电路闭合,电流流向灯泡。

基本的电报系统也是使用一个开关进行操作的,同样有两根导线接到开关上。但电报系统距离要比屋内的电灯和开关的距离长许多;开关位于一个城镇,而其所操纵的设备却位于另一个城镇。另外,电报不使用灯泡,电报使用一个小的电子设备,该设备在接收到电流时会发出人耳可听到嘀嗒声。要通过电报发送一条消息,必须有一个人在一个城镇将开关前后搬来搬去,而另一个人必须在另一个城镇倾听电子设备发出的嘀嗒声。

对于一个未经过专业训练的人来说,电报听起来就像是一串永不停息杂乱无章的嘀嗒声。某些嘀嗒声较短(也就是说,开关按下的时间非常短),而其他嘀嗒声则较长。有时,经过一段短暂的停息以后,嘀嗒声才又重新开始。一个经过训练的电报操作人员能够从嘀嗒声中分辨出所代表的单个字符,并且能够按照电报到达的速度将电文在纸上译出。

4.3 电报是数字的

电报是一种数字设备,因为它使用嘀嗒声来传递消息的每个字符,而不是传递输入的精确模拟信号。归结起来:

电报是一种数字技术,因为它传递离散的嘀嗒声而非连续变化的信号。

4.4 莫尔斯电报码

萨缪尔·莫尔斯发明了一种后来在电报操作中非常流行的电报编码。莫尔斯电报码很