

# 下一代的电信交换 ——宽带交换

邮电部科学技术司 主编  
雷振明 编著

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书是电信高技术普及丛书之一,介绍下一代的电信交换——宽带交换技术,重点是异步转送方式(ATM)和光交换的基础知识。全书分四部分,在简要介绍了宽带 ISDN 的基本概念后,分别阐述了电话交换、分组交换、ATM 交换的特点及其联系,ATM 交换结构以及光技术在宽带交换方面的应用。

本书可读性强,内容上由浅入深,运用形象化的比喻来解释高深的技术问题,适合于各级电信管理干部、技术人员和大中专学生阅读。

电信高技术普及丛书

### 下一代的电信交换——宽带交换

邮电部科学技术司 主编

雷振明 编著

\*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

\*

开本:787×1092 1/32 1993年1月 第一版

印张:4.5 页数:60 1996年5月北京第4次印刷

字数:84千字 印数:13001-18000册

ISBN7-115-04809-6/TN·570

定价:5.00 元

## 丛书前言

在世纪之交,中国通信事业面临着机遇和挑战。经济增长、社会发展、人们物质生活及精神生活水平的提高对通信提出了更新、更高的要求。满足社会对通信的需求成为国民经济发展的重要任务之一,也是通信工作者的光荣职责。

目前全国正在贯彻落实邓小平同志关于“科学技术是第一生产力”的思想和科教兴国的战略方针,我国通信发展也确立了“依靠科技进步,促进通信发展”的方针。立足高起点,采用新技术,用先进设备装备通信网是目前发展通信的重要任务。通信发展要依靠科技,科技进步要依靠高素质的通信人才,因此,大力提倡广泛地学习科技知识,加强企业的科学普及工作,真正使科学技术服务于企业的发展。

邮电部科学技术司和人民邮电出版社应广大电信职工和管理干部的要求,共同组织科技工作者、院校教师、企业工程技术人员编写这套电信高技术普及丛书。该丛书主要涉及程控交换、光纤通信、移动通信、数据通信、卫星通信、7号信令网、数字同步网、电信管理网、智能网、综合业务数字网等。目的是帮助广大通信工作者学习、掌握电信高新技术,为建设一支整体素质好、管理水平高、专业技术精、业务能力强的通信职工队伍服务。

为了跟踪世界通信高技术的发展,满足读者多方面的要求,希望广大读者提出宝贵意见,以便出好这套丛书。

邮电部科学技术司

1996年3月

# 目 录

<b>一、用户线上的革命</b> .....	1
1. 从模拟用户线路到 2B+D .....	1
2. 光纤和异步转送方式(ATM)的使用 .....	8
<b>二、宽带 ISDN 和宽带交换</b> .....	17
1. 电话网怎样演进到宽带 ISDN .....	17
2. 对电路交换和分组交换的评说 .....	26
3. ATM 信元和 ATM 交换 .....	34
4. “超员预订”及其它 .....	43
<b>三、ATM 交换结构</b> .....	49
1. ATM 交换机由三个部分组成 .....	49
2. 复杂的开关和简单的交换结构 .....	58
3. 更复杂的开关和更简单的结构 .....	66
4. 颇受瞩目的多级互联结构 .....	75
5. 时隙互换与异步时分结构 .....	84
6. 从局域网到 ATM 交换:总线结构 .....	93
7. 由小到大:再谈多级互联结构 .....	101

<b>四、光技术向交换进军</b> .....	108
1. 光开关代替电开关.....	108
2. 时分、波分、码分.....	117
3. 光逻辑器件和光联接.....	126
<b>结束语</b> .....	136

## 一、用户线上的革命

用户线是通信网的窗口。用户线上的革命，是通信网上的重大变革的反映。

### 1. 从模拟用户线路到 2B+D

随着电信事业的发展，我们周围的电信设备是越来越多了。

电话是人们最熟悉的通信工具之一，它已经诞生一百多年了。电话把世界各地的人们联在一起。

不过，电话已不能一统天下。用户电报终端、传真机、数据调制解调器……相继登台，它们各有各的长处，各有各的用武之地。

用户电报终端又叫电传打字机，它包括一个键盘和一个打印机，商务往来中几乎是必不可少。电传打字机传送的信息是文字，由打印机打印在纸上，可以保留，供以后研究或查对之用。

电传打字机还有一个优点。只要把它接通电路，打开电源，它就会自动接收对方发来的信息，打印在纸上。这显然优于电话：打电话时如果对方不在，只好等会儿再打。用户电报呢？对方不在也可以照发过去。

电传打字机出现之后,传真机风靡全球。它比电传打字机更方便。使用电传打字机不能发送图表,只能发送文字,并且要靠人来按动键盘,逐字输入。传真机就不同了,不管要传送什么信息,只要画在纸上,拨动对方号码,一按传真机的电钮,一份一模一样的东西就从对方的传真机上印出来了。

计算机通信的需要也出现了。许多重要的资料、数据是存储在计算机内,如果能够直接送入对方的计算机是最好的了。解决这个问题的一个简单办法是使用调制解调器。现在,调制解调器的使用越来越多,已几乎成为微计算机的一个必备部件了。

电话、电传打字机、传真机、调制解调器……当我们使用这些设备进行通信的时候,就是在利用电信部门提供的服务,在电信部门叫作业务。业务和服务来自英文的同一个词,就是 service。从电信部门延伸到用户的接续用户电信设备的线路,叫作用户线路,或用户环路。

虽然电话、电传、传真、调制解调器等的用户线路看来相同,但它们在电信部门内部却要作不同的信息处理,甚至连到不同的电信网,例如电话网、用户电报网、数据通信网等等。电话通信、用户电报通信、传真通信、计算机通信等是电信部门提供的不同的业务,分别叫作电话业务、用户电报业务、传真业务、数据业务等。我们通过一对用户线路,只能得到一种业务。现在使用的用户线,一般是提供单一业务的用户线。

用户线的这一端联接着用户的电信设备,另一端则是联接到电信网上。电话机、电传机、调制解调器等实际上是联在通信网的终点上,所以又常叫作终端设备。用户线是单一业务的,归根结底是因为电信网是单一业务的。

随着我们周围电信设备的增加,我们使用的用户线路也越来越多了。于是我们自然想到,能不能有一种同时可供多个电信终端设备使用的用户线路呢?综合业务数字网的出现解决了这个问题。

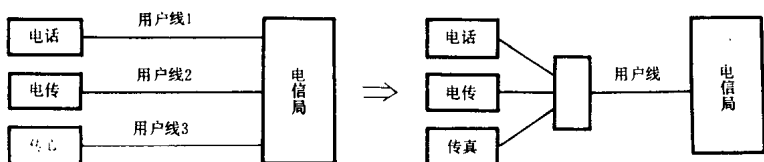


图 1.1 一种同时可供多个终端使用的用户线

与以往的单一业务电信网不同,综合业务数字网(Integrated Services Digital Network,简称 ISDN,分窄带 ISDN 和宽带 ISDN)可以同时提供多种业务。与此相适应,ISDN 的用户线路也是综合业务的,在它上面可以同时传送电话、传真、数据等多种不同的信息。因此,一个 ISDN 用户可以同时与多个用户进行通信。这些通信可以是不同业务类型的。比如说,可以在与一个用户打电话的同时向另一个用户发传真。

ISDN 用户线路与普通电话用户线路相比,有两个显著的不同。ISDN 是数字的、多路复用的用户线路,普



通电话线路则是模拟的、单路的用户线路。

当我们使用线路传送模拟信号时,我们用带宽来表示它可以传送的信息量。电话用户线路是用来传送模拟信号的,它的频带范围是 300Hz 到 3400Hz,也就是说,只有频率为 300Hz 到 3400Hz 范围内的电信号才能被保证质量地传送过去。其它频率的电信号,比如说 10Hz 的或者 10kHz 的,可能传送不过去,也可能传送过去了,但质量很差。

当我们传送数字信号时,我们用传输速率来表示它可以传送的信息量。窄带 ISDN 用户线路上的传输速率是 160kbit/s,这就是说,在 1 秒时间内,一条 ISDN 用户线路上可以传送 160000 个二进制数字。在电信中,我们用比特(bit)来代表一个二进制数字,每秒比特则记作 bit/s。1k=1000,即 1 千。比千大的是兆,记作 M,1M=10<sup>6</sup>。比兆大的是吉,记作 G,1G=10<sup>9</sup>。比吉大的是太,记作 T,1T=10<sup>12</sup>。现在在一条光纤上传送的信息量已经可以达到 20 吉比特以上,正在向“太”这个数量级进军。

并不是说现在的电话线路上不能传送数据。事实上,除了计算机数据外,文件传真机上产生的也是数字信号,它们都能在普通电话线路上传送,只要经过一个调制解调器,先把它们变成模拟信号就行了。但是用这种办法传送数字信号,速率不可能很高,能达到 9600bit/s 就很不错了。这相当于窄带 ISDN 用户线

路的十几分之一。

事实上,电话用户线路是电话网中最后一个没有数字化的部分,也是使用电话网传送数据时的一个“瓶颈”。在现代的电话网中,数字化是大趋势,中继线路采用光纤、数字微波或者卫星,上面传送的是数字化的信息。交换局采用程控数字交换机,里边处理的也是数字化的信息。电话用户上传的模拟话音信号,进入程控数字交换机时要先进行抽样、量化,变成  $64\text{kb/s}$  的数字信息。正是因为这段模拟用户线路,才使得我们不能充分利用电话线路上  $64\text{kb/s}$  的数据传输能力。

我们举一个例子,假设有一本 6 万字的书稿,它的信息量是  $60000 \times 16 = 960\text{kb}$ 。如果用  $9600\text{bit/s}$  的速率传送,需要 1 分钟 40 秒。如果用  $64\text{kb/s}$  的速率传送,只要 15 秒就够了。

窄带 ISDN 用户环路上  $160\text{kb/s}$  的数字信道,并不直接提供给用户。提供给用户的是由上述信道按同步时间分割复用方法得到的两个  $64\text{kb/s}$  的子信道和一个  $16\text{kb/s}$  的子信道。 $64\text{kb/s}$  的子信道也叫作 B 信道, $16\text{kb/s}$  的子信道也叫作 D 信道。因此,我们也常说,窄带 ISDN 用户线路是一个  $2B+D$  的用户线路。

同步时间分割复用的方法很简单。我们知道,在窄带 ISDN 用户环路上每秒发送  $160\text{kb}$ ,我们把时间划分为间隔相等的小段,每段  $125\mu\text{s}$ ,并把这样的小段叫作一个“帧”。那么,在一个帧内共传送( $125 \times 0.000001$ )

$\times (160 \times 1000) = 20\text{bit}$ 。用同样的方法,我们可以算出一个 B 信道在 1 帧时间内传送 8 比特,1 个 D 信道 1 帧时间内传送 2 比特。因此,我们可以设计一个电子电路,使它在一帧时间内从 1 个 B 信道接收 8 比特信息,从另一个 B 信道接收 8 比特信息,从 D 信道接收 2 比特信息,把这 18 比特信息按一定的时间顺序排列好,并添加另外 2 比特信息,把这共 20 比特信息在一帧时间内 ( $125\mu\text{s}$ ) 发送出去。

当然,我们也可以设计一个具有相反功能的电路,它可以接收  $160\text{kbit/s}$  的信息流,并把它分成两个  $64\text{kbit/s}$  的 B 信道和 1 个  $16\text{kbit/s}$  的 D 信道。

上面所说的这两部分电子电路合起来,就叫作时分复用电路。

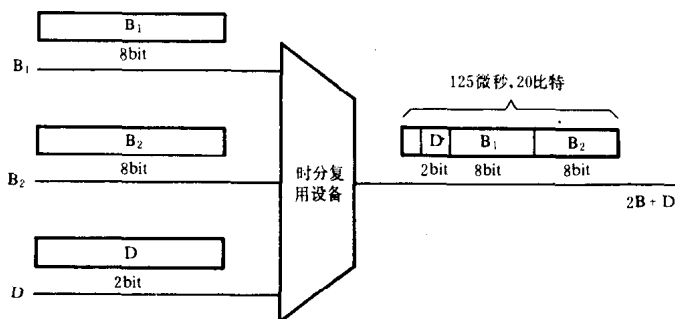


图 1.2 同步时间分割复用

添加的 2 比特信息的作用,是为了让对方能够严格地在时间上与发送的一方同步,并能够辨别出一个帧的开始和结束。这 2 个比特还有一些其它的控制功能,我们不一一讨论。

同步时分复用方法的最主要的特征,就是各个子信道的信息是按固定的周期(也就是固定的时间间隔)出现的。比如说,如果现在在窄带 ISDN 用户上传的是 D 信道的信息,那么你可以期望在下一个帧的同一时刻,即  $125\mu\text{s}$  之后,在线路上传送的还是 D 信道的信息。

我们看到,一个窄带 ISDN 用户所使用的不再是一个  $300\sim 3400\text{Hz}$  的模拟信道,而是两个  $64\text{ kbit/s}$  的数字信道和一个  $16\text{ kbit/s}$  的数字信道。数字化和多路化给用户提供了十分强的通信能力。

我们知道,在数字化的电话网上,数字化的话音信号的传输速率是  $64\text{ kbit/s}$ 。因此,一个 B 信道正好可以传送 1 路电话。除电话外,在 B 信道上还可以使用用户电报、文件传真、智能用户电报和可视图文等业务。在 D 信道上,还可以利用先进的分组交换网来传送数据。

灵活地使用  $2\text{B}+\text{D}$  信道能力,可以给用户带来极大的方便。下面是一些例子。

如果一个电话用户甲正在和乙通电话,另一个用户丙就不能够和甲或乙通话。他在拨号后会听到忙音。对一个窄带 ISDN 用户没有这个问题,当他使用一个 B 信

道通信时,另一个 B 信道可以供其他人呼入,甚至当他同时占用了两个 B 信道时,还可以通过 D 信道送过来一个信息,通知另外一个用户在呼叫他。

同样,当用户甲在和乙通信的过程中,他也可以在不中断和乙的通信的情况下,呼叫另一个用户丙,并利用第二个 B 信道和用户丙通信。

还有一种同时使用两个 B 信道的方法,即一个 B 信道传送话音,另一个 B 信道传送图像,二者合起来构成可视电话传输。

在窄带 ISDN 用户线路上,除了提供上述那些基本通信业务外,还可以提供许多补充业务。这些补充业务大部分是利用 D 信道上来提供的。

补充业务有:主叫号码识别,它可以使用户知道呼叫自己的对方号码;被叫号码识别,它可以使用户知道自己所呼叫的终端收到了信息。这在传真机通信中很有用。除此还有呼叫转移、呼叫保持、三方通信等,不一枚举。

## 2. 光纤和异步转送方式(ATM)的使用

80 年代后期,窄带 ISDN 在欧美和日本趋于成熟和实用化。未及推广,宽带 ISDN 的概念就出现了。

实际上,宽带 ISDN 和窄带 ISDN 是很不相同的东西。但从字面上讲,宽带 ISDN 就是“宽带”的 ISDN。“宽带”二字在这里则是“高速”的同义语。我们知道窄带 ISDN 用户线路上的信息传输速率是 160kbit/s,宽带

ISDN 用户线路上的信息传输速率则可高达 155.52Mbit/s,为窄带 ISDN 的 800 倍以上!如果我们把窄带 ISDN 用户线路比作村中小路的话,那么宽带 ISDN 用户线路就是高速公路。

宽带 ISDN 的一个主要目标是传送电视信号。我们现在使用的电视的信号是模拟信号,1 路模拟电视信号,数字化以后大约是 140Mbit/s 信息量;采用信息压缩的方法,可使其降到 34Mbit/s 左右。对于下一代电视,即高清晰度电视,经压缩后的信息量为 140Mbit/s 左右。由此可见,在宽带 ISDN 用户线路上可以传送一路数字化的高清晰度电视信号。

但是,宽带 ISDN 的用途却并不只是传送电视信号。实际上,人们期望宽带 ISDN 成为一种“全能”的电信网络。它应该“无所不包”,不但包括我们现有的全部电信业务,而且也能为将来出现的电信业务所用。

举例来说,人们不但期望宽带 ISDN 能提供现在有线电视网和无线电视网的全部功能,而且期望这个网络让用户自行选择影像中心提供的多种节目。人们也应该能通过宽带 ISDN 进行高清晰度的可视电话通信,或者通过宽带 ISDN 来互相交换其它的影像信息。

人们也期望能通过宽带 ISDN 来收听高保真度的数字化的立体声音乐节目,或者通过它来进行高保真度的声音通信。虽然传统的电话网就是供声音通信用的,但由于它以语音的清晰易懂为质量标准,信号带宽只有

不足 4kHz, 远远不能达到高保真度的标准。而利用宽带 ISDN 上 155.52Mbit/s 的通信能力, 人们甚至可以同时传送多路激光唱片音乐信号, 并且不会有任何失真。

宽带 ISDN 也将提供空前的数据传输能力。有计算机通信经验的人都知道, 在计算机局域网上的通信是相当快捷的, 但是对远程用户来说, 或是对两个局域网远程联接在一起的情况, 通信就显得很慢。这是因为局域网上的信息传输速率可达 10Mbit/s 以上, 而公众远程数据网上的信息传输速率一般只有每秒几千比特的缘故。宽带 ISDN 用户线速率可达 155.52Mbit/s, 远大于现在局域网上的信息传输速率, 因此, 可以预料, 使用宽带 ISDN 进行远程数据通信, 会比现在使用局域网还要快捷得多。

以多媒体微计算机作为宽带 ISDN 上的通信终端设备, 则更可充分发挥宽带 ISDN 的特长。

多媒体微计算机可以看作是微计算机的发展。我们知道, 几年以前的微计算机还只不过能演奏一些音色极为单调的曲子, 显示器也只有相当有限的分辨率和为数不多的几种颜色。可是现在, 已经有人展示了具有高保真度立体声音响效果和电视质量、甚至高于电视质量的活动图像的微计算机。这种微计算机就叫作多媒体微计算机。

如果以多媒体微计算机为基础来构成宽带 ISDN 的终端设备, 那么, 我们可以期望, 这种终端具有电话功

能,但音质大大优于电话;它可以接收远方发来的文稿,但质量远远高于传真。用它还可以欣赏立体声音乐和电视节目。它能达到的电视质量,远远地超过现在的电视质量,即达到所谓高清晰度电视的标准。就像 ISDN 实现了用户线上的业务综合一样,多媒体终端实现了终端设备上的业务综合。

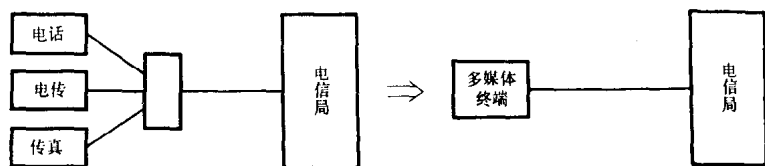


图 1.3 终端上的业务综合

多媒体这个词译自英文 Multi-Media。翻译成多媒体未必确切,但从这个词中确实可以看出它那种无所不包的特点来。

窄带 ISDN 用户线路上 160kbit/s 的传输速率,可以通过改造现有的电话线路来实现。所谓改造,是指仍然使用已经铺设好的电话线路,只将联接在线路上的发送和接收设备更换掉。由于宽带 ISDN 用户线路上的信息传输速率高达 155.52Mbit/s,现有的电话用户线路完全不可能利用,需要铺设新型的宽带 ISDN 用户线路。一般认为,为了能达到所要求的高速,需要使用光纤。

在很多人眼里,光纤曾经是神秘的东西。而只要想



到在那么一根细细的玻璃丝里就可以传送成千上万路电话,就不难理解这种神秘感。

不过,虽然光纤上能传送的信息量是如此之大,它的造价却并非人们想象的那么昂贵。讲到造价,无非是材料价和加工价两个部分。从材料上说,光纤的原料是石英,它远比我们现在使用的铜储藏量更丰富。从加工上说,自动化程度很高的大规模生产中,只要加工的量足够大,费用就会降低,所以实际上可以预料,光纤的造价总会逐渐地低于铜线。

此外,在用户线路的建设费用中,除了线路和设备的费用外,还要有施工费用。而现有的趋势是线路设备费用逐渐下降,施工费用则逐渐上升。今后施工费用有可能远大于设备费用。

综合上面这些因素,我们可以知道采用光纤作用户环路,在经济上也并非不可行。实际上,现在甚至在我国的某些地区也已经开始认真地考虑光纤到户的问题了。

宽带 ISDN 区别于窄带 ISDN 的,并不只是信息传输速率这一点。

在窄带 ISDN 用户线路上,通过同步时分复用的方法向用户提供两个 64kbit/s 的 B 信道和一个 16kbit/s 的 D 信道。这种办法虽然可以满足用户的大部分通信要求,但也存在一个问题,这就是用户只能利用已经划分好的这些子信道来进行通信,而不能按照别的方法,例如一个 32 kbit/s 的子信道加上一个 112 kbit/s 的子