

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

地球村—21世纪的邮电通信

 **eBOOK**  
内网资料 非卖品

## 地球村——21 世纪的邮电通信



## 目录

|                    |         |
|--------------------|---------|
| 序 .....            | 朱丽兰 ( ) |
| 编者的话 .....         | ( )     |
| <b>神奇的电话交换</b>     |         |
| ——漫谈程控交换技术 .....   | ( 1 )   |
| 殡仪馆老板的发明 .....     | ( 1 )   |
| 电子计算机的魔术 .....     | ( 5 )   |
| 听不见的声音 .....       | ( 9 )   |
| 时间分割 .....         | ( 13 )  |
| 电话机的 ABC .....     | ( 15 )  |
| 电话网中传数据 .....      | ( 23 )  |
| 语音邮箱 .....         | ( 27 )  |
| <b>计算机与通信的联姻</b>   |         |
| ——漫谈分组数字数据通信 ..... | ( 31 )  |
| 烽火的启示 .....        | ( 31 )  |
| 计算机的嘴巴与耳朵 .....    | ( 33 )  |
| 用恺撒的策略 .....       | ( 35 )  |
| 数字交换方式 .....       | ( 40 )  |
| 分组交换 .....         | ( 43 )  |
| 电子信箱 .....         | ( 46 )  |
| 电子数据交换 .....       | ( 50 )  |
| 可视图文 .....         | ( 53 )  |
| <b>通信无处不在</b>      |         |
| ——漫谈移动通信 .....     | ( 56 )  |
| 大哥大与蜂窝 .....       | ( 58 )  |
| 小仆人 .....          | ( 60 )  |
| 第二代无绳电话 .....      | ( 62 )  |
| 全球通信系统 .....       | ( 66 )  |
| <b>跨越空间</b>        |         |
| ——漫谈个人通信网 .....    | ( 72 )  |
| 历史回顾 .....         | ( 72 )  |
| PCN 的结构模型 .....    | ( 76 )  |
| PCN 的分层结构 .....    | ( 78 )  |
| 现存的无线系统及发展趋势 ..... | ( 80 )  |
| 世界 PCN 发展趋势 .....  | ( 85 )  |
| <b>信息娱乐</b>        |         |
| ——漫谈宽带通信网 .....    | ( 87 )  |
| ATM 的神话 .....      | ( 90 )  |
| 生于 2010 年 .....    | ( 93 )  |
| <b>通信高速公路</b>      |         |
| ——漫谈光通信 .....      | ( 99 )  |
| 神奇的光纤 .....        | ( 103 ) |
| 信息社会之光 .....       | ( 105 ) |

|                   |         |
|-------------------|---------|
| 地球上幸运的人们 .....    | ( 110 ) |
| <b>此曲只应天上有</b>    |         |
| ——漫谈静止卫星通信 .....  | ( 112 ) |
| 发射卫星 .....        | ( 115 ) |
| 卫星电视 .....        | ( 117 ) |
| 小天线地球站 .....      | ( 119 ) |
| 移动卫星通信 .....      | ( 122 ) |
| <b>大一统的梦想</b>     |         |
| ——漫谈综合业务数字网 ..... | ( 127 ) |
| 全数字化的网络 .....     | ( 130 ) |
| 走进综合业务数字网 .....   | ( 138 ) |
| 综合业务数字网的终端 .....  | ( 151 ) |
| 统一的通信王朝 .....     | ( 156 ) |
| <b>会思考的通信网</b>    |         |
| ——漫谈智能通信网 .....   | ( 158 ) |
| 免费电话 .....        | ( 158 ) |
| 什么是智能网 .....      | ( 160 ) |
| 智者千虑 .....        | ( 163 ) |
| 业务交换点 SSP .....   | ( 166 ) |
| 业务控制点 SCP .....   | ( 169 ) |

## 序

朱丽兰

20 世纪行将结束，21 世纪即将来临。在这新旧交替的对代，人类社会都期待着一个崭新明天的到来。

世界范围内的新技术革命日新月异，促使全球经济、社会的发展乃至人们的生活方式都不断发生重大变革。科技竞争，特别是人才竞争，已经成为世界各国全面竞争的焦点。现在，许多国家都把提高国民的科学文化素质当成是 21 世纪竞争是否成功的关键。为适应世界潮流，迎接新世纪的挑战，普及科学文化知识，正受到社会各界的广泛重视。科技知识的传播，已经成为当前我国促进社会主义物质文明和精神文明建设、维护社会繁荣稳定的一项重要任务，也是今后依靠科技进步，提高全民素质，使我国经济和科技得以持续、快速、健康发展的重要保证。

党中央、国务院最近号召全党、全国人民加强科学

技术的普及工作，科学技术的普及程度，是国民科学技术文化素质的重要标志，同时也是全体科技工作者，运用科学技术，在亿万群众中构筑精神文明思想长城的重要任务。

科学技术普及工作的重点之一，是青少年学生。今天的青少年，就是明天的主人。国家的兴旺，民族的振兴，靠他们这一代。由卢嘉锡副委员长和国家科委其他同志发起并编撰的《21 世纪科普教育丛书》，就是面向青少年，力求比较全面、比较系统地展示未来世纪的宏伟蓝图，展望未来，预测未来，勾画未来，瞄准未来，跟踪最新的高技术，重点阐述 21 世纪初叶各学科领域的面貌，全新地描绘下一世纪人类发展的新趋势，描绘未来生活的新特点和五彩缤纷的各项新技术，鼓励、提倡“学科学、爱科学、讲科学、用科学”的社会风尚。这套丛书的出版，有利于宣传、普及科技知识，有利于引导和鼓舞广大青少年发扬爱国主义精神，有利于使他们增强建设祖国、奔向未来的使命感，有利于扩大他们的知识面，启迪他们的智慧，开阔他们的视野，造就他们，培养他们，使他们成为下一世纪的合格主人。相信这套丛书会成为他们的良师益友，同时也寄望这套丛书，在科学技术普及工作的事业中发挥更大的作用。

1995 年 5 月

注：本文作者系国家科委常务副主任。

## 编者的话

世界上曾有一个叫“桃花源”的小村子，这个小村子中的人们过着幸福美满、无忧无虑的生活。人们总是在希望：如果将来有一天我们地球也能成为一个像“桃花源”一样的小村子，生活在地球上的人们也能像生活在“桃花源”中的人们一样幸福，那该多好呀！可是，地球是一个半径为 6 千多公里的巨大行星，上面有许多的沙漠、丛林、高山、荒地。如何使地球变成“桃花源”一样的小村子呢？看来，“桃花源”终究是一枕黄粱了，可这时，有一个“人”站了出来，高声对着全世界宣告：“我可以使地球变成一个像‘桃花源’一样的地球村”。发出这惊人宣告的“人”——通信。

通信从它一诞生就开始了与地理距离和地理障碍的竞赛。

传统的一些通信方式，无论是丝绸之路还是飞鸽示警，都受到了地理距离及地理障碍的极大限制，从甲地到乙地传递一封信的时间，少则二三天，多则几个星期。这种低效率的通信方式不仅不能使“地球村”的梦想得以实现，更糟糕的是，它使地球上的人们互相隔离，使地球上东西方之间的文明被阻隔了几千年之久。应该说，在通信与地理距离和地理障碍进行竞赛的最初阶段，通信远远地落在后面。

可是，自 1876 年，贝尔发明了第一部电话，使距离数百米的两个人可以直接清晰地进行对话。虽然是仅仅数百米，却是人类第一次用技术手段克服距离上的限制。通信许诺的将地球变成地球村的诺言终于露出了一线曙光，随后接踵而来的各种各样的电话交换机将地球上的各大地区联成了一个巨大的网络，人们可以通过这个网络将自己的声音传到地球上的其他地方。在同地理距离及地理障碍这一回合的较量中，通信取得了决定性的胜利，为“地球村”的实现揭开了序幕。

电话及电话交换机的发展使地理距离一下子被大大缩短，远隔数千甚至数万公里的人们，可以面对面地进行亲切、自然的交流。下一回合的竞赛中，地理距离退居次位，而地理障碍成了建设“地球村”的主要矛盾。因为人们希望不仅生活在大都市中享受通信的便利，而且生活在边远地区或在野外工作的人也能随时随地进行通信；不仅坐在家中或办公室中可以进行通信，而且在飞机上、汽车、火车中也能进行通信。为了达到这个目的，卫星通信和移动通信应运而生。有了它们，在边远地区或野外的人们可以随时支起一个超小型卫星天线，通过卫星与地球上的其他地方保持通信联系；而在飞机、汽车、火车等运动物体中的人如要进行通信，一部移动电话手机就可将他与全世界联结起来。在通信与地理障碍竞赛中，地理障碍只得落荒而逃。至此，“地球村”已初具雏形。

本世纪 70 年代开始的电子计算机的应用和发展，赋予了“地球村”新的内容，即人们不但需要进行远距离的声音通信，还需要远距离的文字、图片、图象通信。新的通信内容的提出使老的电话通信网相形见绌，为了适应这种变化，大批新的“地球村建筑材料”相继问世。它们之中有适用于计算机数据通信的数据通信网，有提供特种服务的智能网，有号称“万能通信网”的综合业务数字网，还有专为传输活动图象而设计的宽带通信网以及相应的光纤传输系统。这一系列新的“地球村建筑材

料”不仅在听觉上，而且在视觉上将分布在广阔地球上的人们联系起来。在本世纪末到下一世纪上半叶的一段时间内，以上提到的种种通信方法都将逐步走入人们的生活，使这个“桃花源式地球村”的理想将逐步走向成熟。

让我们来想象一下未来的“地球村”是一个什么模样：

生活在“地球村”中的每个人都有一个人标识符，如果想要找某个人，只要在电话机的键盘上输入这个个人标识符，那么，无论这个人是在本市还是在外地，或是在国内还是在国外，“地球村”的管理系统——通信网都能立刻找到这个人，并将通信的双方连接起来。这种连接建立以后，双方就可以进行声音、文件、图片、图象的双向交流，这也就是说：世界上的任何两个人在任何时候任何地点都能进行双向通信，通信的内容除了双方的声音以外，对方的一颦一笑也都能通过一个屏幕看到，当然在通信的过程中还能随时进行文件的传输以及通过一块白板相互讨论问题。这一切都像你早上起来和邻居聊天一样方便，丝毫不会有万水千山阻隔的感觉。

自从有了人类，便有了通信，再到通信提出的“地球村”理想的初步实现，几千年过去了，如今的地球上，没有任何一个系统能比通信网覆盖的范围更广，也没有任何一个系统比通信系统更复杂，它堪称是人类的一个奇迹！正是它蔓延着无处不及的触角，将地球上的人们都呼唤到“地球村”中来，就像所有童话的结尾一样，通信带给世界的结尾也是这样的：在那遥远的、充满阳光的国度里，人们过着幸福、快乐、无忧无虑的生活……。

编者

1995年3月

# 神奇的电话交换——漫谈程控交换技术

## 殡仪馆老板的发明

1844年莫尔斯发明电报；1876年贝尔发明电话以后，人类开始冲破地理距离的限制，一个新的通信时代到来了。

我们知道，两部电话机用一对导线（也称AB线）连接起来就能实现两个用户间的通话。若用户超过两个，要实现任意两个用户之间的通话时，就要解决“交换”问题，即某用户要与甲用户通话时，该用户的话机就与甲用户话机相连；要与乙用户通话时，就换接到乙用户话机。实现电话交换最简单的办法是一个用户与其他每个用户之间都有一对导线相连，要和谁通话就把话机和谁的导线连通，即由主叫用户本身来完成电话线路的交换，这种交换方式的缺点是随着用户数量的增加，用户线对数将大大增加，例如当有3个用户时需要3对线路，5个用户时需要10对线路，10个用户时需要45对线路，用户数为N时需要 $N(N-1)/2$ 对线路。因此这种交换方式十分不经济，无法采用。经济的交换方式是将每个用户话机用一对导线连接到一个各用户共同使用的交换设备上，该交换设备所处位置应在各用户分布的中心，使用户连到交换设备的导线总长最短，这个交换设备就叫交换机。

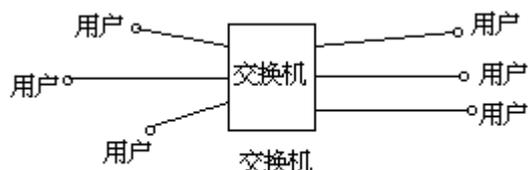


图3 交换机

最初的交换机也叫人工交换机，是由话务员来完成用户之间的连接。当用户摘机呼叫时，交换机面板上能显示出该用户的呼叫信号。话务员的眼睛经常在扫视交换机面板上有没有用户呼叫信号出现，当出现呼叫信号后，该话务员立即将一副绳路的一端插入该用户塞孔并通过话机询问该用户所要的被叫号码。当话务员得知被叫号码后，即将该绳路的另一端插入被叫塞孔，并向被叫振铃，当被叫闻铃响摘机后，主被叫双方即可通话。在该对用户通话期间，话务员可为其他用户的呼叫服务，并监视正在通话的用户是否已经通话完毕挂机，若发现已挂机就立即拆线（将原来的绳路拔出）。

以上就是一个简单的人工交换过程，这种交换机也叫“人工交换机”。

最早的“自动交换机”是在1892年11月3日投入使用的，那是美国人史端乔发明的步进制自动电话交换机。史端乔是美国堪萨斯城的一个殡仪馆老板，他发觉每当城里发生死亡事件时，用户往往向话务员说明要接通某一家“殡仪馆”，而那位话务员总是把电话接通到另一家殡仪馆，这使史端乔很生气，发誓要将电话交换自动化。功夫不负有心人，史端乔凭他那过人的聪明和毅力，终于发明了一种自动电话交换机，并申请了专利。为了纪念史端乔的功绩，人们也称这种电话交换机为“史端乔交换机”。史端乔的发明打开了通向自动交换的大门。

“史端乔交换机”的心脏叫“上升旋转选择器”。由于上升旋转器（也叫步进器）在史端乔交换机中起着很大的作用，所以史端乔交换机也叫“步进制交换机”。

在步进制交换机发明后的几十年间，人们对这种交换机做了很多的改进，以弥补它的一些不尽人意的地方，例如机械动作剧烈，接点靠滑动接触因而容易磨损，动作速度慢，噪声大，零件复杂，加工困难等。其中最重要的一次改进是由两个年轻的瑞典工程师比图兰和帕尔默格林完成的，他们认识到步进器的前进要经过滑动摩擦，这种滑动摩擦易使机件磨损，影响寿命。所以，为了克服这个缺点，他们发明了一种叫“纵横接线器”来代替“步进器”，这种纵横接线器设计得很出色，以至使以这种纵横接线器为基础设计的“纵横制交换机”风靡了全世界。直到今天，世界上仍有许多国家和地区在使用这种纵横制交换机。

从第一台步进制交换机的开通使用到第一台纵横制交换机的诞生，仅仅经过了大约 30 年的时间。在第一台纵横制交换机 1926 年投入使用，又一个 30 年过去后，等待自动电话交换机的命运又将会是怎样呢？

## 电子计算机的魔术

本世纪 40 年代，一场空前的浩劫降临到人类头上，第二次世界大战爆发了，虽然战争只持续了短短的几年，但是它带给人类的却是毁灭性的灾难。大战过后，满目疮痍，一片废墟。就在这片废墟上，一个将影响到人类未来生命的“电子计算机”诞生了。最早电子计算机起源于战时急需的防空武器的研制。一个叫冯·诺伊曼的匈牙利人最先设计出了一个叫艾阿尼克的会自动运算的机器，这个占地几百平方米，重达几吨的怪物就是最早电子计算机的雏形。为了纪念冯·诺伊曼的贡献，电子计算机结构也叫诺伊曼结构。电子计算机产生以后，几乎影响了人类行为的每一个方面，当然也包括自动电话交换机在内。

我们知道，电子计算机由软件和硬件两大部分组成。软件也称程序，是人向电子计算机发出的一系列指令的集合。它又包括两大部分，操作系统和应用软件，操作系统是有关硬件操作及维护管理的指令集合，应用软件是针对某一应用的指令集合。比如家庭教育的应用软件、财会系统的应用软件以及计算机游戏的应用软件等等，应用软件必须要得到操作系统的支持才能运行。硬件是具体的控制部件，凡是有形的物理实体如计算机内的主机板、显示器，磁盘驱动器以及键盘等等都是硬件。这些硬件中主机板是计算机的心脏，它负责其他硬件设备的控制，而在主机板中最重要的部件又是中央处理器 CPU (Central Processing Unit)，所有的运算都在中央处理器中完成。在现代的微型计算机（简称微机）中，中央处理器是一块只有几平方厘米大小的芯片。除中央处理器外，主机板上还有一个重要部件，称之为存储器。存储器是为存储信息而设计的，目前使用的微机中，主机板上的存储器一般为几百万个字节，也就是说，它可以存储几百万个英文字母。



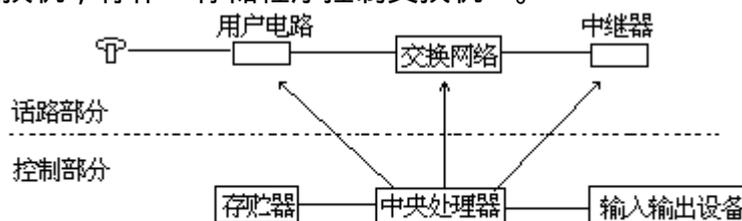
图7 硬件结构模型

中央处理器如此之笨，它只能识别两种状态：“有”或是“没有”，我们用“0”代表“没有”，用“1”代表“有”，也就是说中央处理器只识别 0 和 1 两个状态。而且它只会做四则运算中的加法（后来设计的中央处理器有的能做全部的四则运算，但仅此而已）。虽然它是如此之笨，但是它却有一种人类无法望其项背的能力。即，它判断 0 或 1 的速度极快，如目前使用的微机，一秒钟内，中央处理器就可以判断几千万次的 0 或 1。这就是说，“嘀嗒”一下之后，中央处理器已经判断了成千上万个状态的是是非非了。利用中央处理器这种超人的能力，当我们要求计算机执行某一操作时，就可用通过应用软件把我们要求计算机干的工作分解分解再分解，直到分解成上百万个、上千万个 0 和 1。分解的过程就是应用软件内容的过程，应用软件中的每一条指令实质上就是这种分解过程的一个步骤，分解完了以后，再通过操作系统，把分解出的 0 和 1 交给中央处理器执行。虽然有如此多的 0 和 1，但是中央处理器仍是

可以在一眨眼的时间内将这项工作做完，并把运算的结果显示出来或送回应用软件以等待下一步的指令。硬件和软件的这对“梦幻组合”就这样改变了我们的生活，使人们从日常琐碎的工作中解放出来。因为人们可以将要做的每一项工作都编制成一个应用软件，以后每次要执行什么工作就用到什么应用软件，剩下的工作就由计算机来完成了。

既然计算机有这般神奇的通天本领，那么，自动电话交换机的设计者们很自然地想到，能把软件和硬件技术引入到自动电话交换机的设计中吗？答案是肯定的。只要我们能将控制电话交换的过程用软件分解成一系列的0和1，然后由硬件去判断这些0和1，就可以完成电话呼叫的交换了。

自动交换机是一个庞大的实时自动控制系统。它的动作过程是按一定的功能顺序进行的，它的每一项功能也是由一定的逻辑步骤组成。因此，我们可以把交换机的各项功能编成程序，并存放在计算机的存储器中，当需要控制交换机动作时，只需启动执行这些程序将执行的结果输出即可。这样，原来完全用硬件构成的庞大复杂的交换机控制电路就可大为简化，其中大部分主要的功能电路可以用软件——即存储在存储器中的程序来代替，而剩下必须用硬件构成的部分也只是一些与通话回路等外部设备相联结的接口电路罢了。这种用存储程序方式构成控制系统的交换机，称作“存储程序控制交换机”。



注：中继器是交换机与交换机之间的接口电路

图9 程控交换机结构图

从图中可得出结论：程控交换机实质上是计算机控制的交换机。世界上第一台程控交换机是1965年在美国诞生的。制造它的就是以电话的发明考贝尔命名的美国贝尔电话公司。

目前的程控交换机软件能将一次电话呼叫的控制过程分解为几千万个“1”和“0”的序列，而硬件执行这些“1”和“0”的操作序列只需1到2秒钟就足够了。所以，当你用程控电话打电话时，拨完号码以后，稍等1到2秒钟，就可以听见对方电话的振铃声。这种程控交换机在可以预见的将来仍是电话通信的支柱。

当人们正在为第一台程控交换机的诞生而欢欣鼓舞的时候，一场革命正在酝酿之中。

## 听不见的声音

无论是步进制交换机，还是纵横制交换机，在用户与交换机之间以及交换机内部，声音信号都是未经过任何加工的。用户说话的声音引起电话机送话器中振动膜片的振动，振动膜片的振动导致电流大小的变化，这种电流变化（即幅度和频率的大小）反映了声波的振幅和频率，如果我们将这种电流化做一列客车，则声音信号就好像列车中的乘客，人没有说话时，这个电流列车是空的，人一旦开始说话，这个电流列车中就装入了声音信息这个乘客。声音信息正是乘着这样一个列车在电话机与交换机之间以及交换机内部奔跑着。因为声音信号不经任何处理仍是个模拟信号，所以我们称此种方式为模拟信号方式。



图10 未装载声音信息的电流



模拟信号方式简单易行，但是模拟化的声音信号经过长距离传输以后，受各种干扰的影响，声音的质量已经很差了。怎样解决这个问题呢？工程师们又想到了电子计算机。

这还得从声音经过长途旅行后为什么质量会变差说起。比如有一个男士在打电话，他说话的声音在传输途中（有可能在用户线路上，也有可能是在交换机内部）受到某种干扰，声音频率一下变大了许多，以至于他的声音听起来类似女士说话的尖利的声音。这声音在交换机中，交换机的交换网络当然是无法区分这个声音是否受干扰，它也许认为说话的就是一位女士。所以交换网络将这声音原原本本地传给正在听话的人，这样肯定会要闹笑话了，听话的人会奇怪，怎么一下声音变了呢？

显然，声音质量变差的原因就是交换机无法区分对方传过来的声音到底是好是坏。

问题的原因找到了，解决的办法也就应运而生。解决办法就是借用我们以前讲过的计算机的神奇力量。计算机只能识别“0”和“1”两种状态，这似乎是计算机“笨”的一个方面，而工程师们正是利用了它的这点“笨”来达到正确传送声音信号的目的。

首先，人说话的声音通过电话机传到交换机以后，交换机并不急于将这个声音信号——我们所称的模拟信号，交换到被叫者，而是先将这个模拟信号通过一种叫“取样编码”的技术转变成一系列的0和1，这种由0和1组成的信号我们称之为数字信号。模拟信号就是我们平时能听见的声音，而转变成数字信号后，人耳已经无法听懂这一信号所代表的意思了，只有计算机才能听懂这一数字信号所代表的意思。这样，人的声音就变成了一种人听不懂，只有计算机才能听懂的声音了。

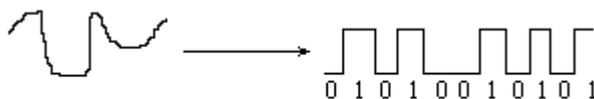


图13 声音的数字化

交换机在完成取样编码后，再将数字信号传给对方。我们作两个假设：第一，信号0和1用电压的高低来表示，即5伏特的电压代表1，0伏特的电压代表0；第二，接收信号的设备收到一个电压在3~5伏特之间的信号，则认为收到一个“1”，收到电压在0~2伏特之间的信号，

则认为收到一个“0”，我们现在要传输一串这四个数字信号给对方，在传输过程中由于干扰，代表“1”的5伏特电压变成了只有3.7伏特，接收设备收到3.7伏后，仍认为它代表对方传过来一个“1”，而不会认为这是一个“0”。这样，即使传输过程中有干扰，这一串数字信号还是被正确接收下来了。

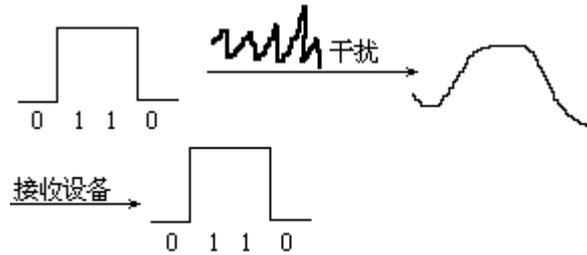


图14 数字信号的抗干扰

可见，只要我们采用数字信号的方式来传输信息，即使传输过程中会加入一些干扰，只要这种干扰不是大到将代表“1”的5伏特电压变成0~2伏特之间或将代表“0”的0伏特电压变成了3~5伏特之间，接收设备都能正确识别原来的信号。

目前的电话通信网中，交换机内部以及交换机与交换机之间信号的交换与传输都是采取数字信号的方式，而用户到交换机之间，即用户线上，由于成本问题目前仍是采用的模拟信号方式，只有等到将来综合业务数字网的出现，用户线上也将采用数字信号的方式。那时，整个通信网将是一个全数字的通信网，将会给用户带来一系列的好处。

## 时间分割

交换机内部采用数字信号后，信号之间的交换也改变了原来那种靠物理接触来传递信号的方式。如步进制的弧刷的滑动接触，纵横制的金属接点的接触等，信号与信号之间的交换采用了电子开关，电子开关比以前的物理接触有许多的优越性，比如开关接通速度（即从开关断开到开关接通的时间）很快，没有磨损等等。

为了充分发挥电子开关动作快速的性能，经济有效地利用电子器件来构成交换机的交换导流，人们采用了一种“时间分割”技术。

所谓“时间分割”简称时分制，是每一用户在指定时间内接通信道，其他时间为别的用户所接通。如下图：



图15 时分制原理图

上面是一个三路的时间分割通信，线路两侧的取样开关在时间  $t_1$  同时连在 a 点上，这时第一路的两个用户可以进行通信，这时第二路和第三路的用户不能通信；在时间  $t_2$  同时连在 b 点上，第二路的两个用户可以进行通信，当然此时第一路和第三路的用户不能进行通信；在时间  $t_3$  同时连在 c 点上，第三路的两个用户可以进行通信，此时第一路和第三路的用户无法进行通信，这就是时分制的原理。在同一物理线路上，不同时刻传递的是不同路的信息，这条物理线路就好像是被时间分割开来一样。

在时分制中，取样开关以一个固定的频率在各个用户话路间进行切换，在每个用户话路上停留一小段时间（称之为时隙）。

看到这里，你会不会有疑问：既然时分制是各个话路轮流依次通话，会不会引起话音信息的丢失，使听者觉得说话者语音不连贯呢？信息论的一个著名定理，奈奎斯特取样定律证明：当取样开关的频率为 8000 赫兹，即取样开关每隔 125 微秒就回到同一点，如 a 点、b 点、c 点时，就绝对不会有哪怕是一丁点的信息丢失，8000 赫兹的取样速率将保证能将说话者的声音准确无误地传到听者的耳朵中。

我们目前使用的程控交换机绝大部分都使用这种时分制方式，时分信号的交换可通过两个取样开关的配合来完成。例如在时间  $t$ ，一侧的取样开关指向 a，同时，另一侧的取样开关指向 b，则在时间  $t$  内就完成了第一路到第二路的交换。

采用以上的时分交换方式不但能使交换机的成本大幅度下降，而且为将来综合业务数字通信网的发展打下了一个良好的基础。

## 电话机的 ABC

电话机从最早的磁石式话机到拨号盘式话机以及按钮式话机，经历了几代的变化。其中磁石式话机已被淘汰，拨号盘式话机也正在逐渐被淘汰，目前使用比较多的是按钮式话机。下面以一个典型的按钮式话机为例来说明其功能。

R ↔ P开关的用途：目前的按钮式话机都兼容两种拨号方式，一种是脉冲（pulse）方式，一种是双音频（DTMF）方式。当R ↔ P开关打向P时，选择的是脉冲方式，当R ↔ P开关打向R时，选择的是双音频方式。当选用脉冲方式时，拨一个号码之后，听筒中能听见断续的“嗒嗒”声，当你拨的是“1”则可听见一个“嗒”声，当你拨的是“6”则可听见六个“嗒”声。一个“嗒”声表示电话机向交换机送去了一个脉冲，所以，拨“6”时，电话机要向交换机送6个脉冲。交换机通过识别脉冲的个数来确认你拨打的是几。

当选用双音频方式时，每拨一个号码，听筒中都能听见“嘀”的一声，拨不同的号码，这个声音的音调不一样，但都只有一声，而不像脉冲方式时有可能听见多个声音。这是因为，在双音频方式下，每拨一号码，电话机不是通过发送不同个数的脉冲来标识发的号码，而是通过两个不同频率的组合来标识不同的号码。比如，拨“1”时，电话机发出1209赫兹和697赫兹的两个频率，拨“6”时，电话机发出1477赫兹和770赫兹的两个频率。交换机通过标识不同的频率组合来确定用户拨打的号码。

显然，采用双音频方式拨号码要比采用脉冲方式拨号码快。之所以目前的按钮式话机仍兼容脉冲方式是因为有的交换机尤其是一些早期的小交换机还不能识别双音频信号，为了提高按钮式话机的适用性，仍保留了脉冲拨号码方式。

“\*”按钮为缩位按钮，它的作用是把号码位数较长或不容易记住的电话号码预先让交换机存贮起来，并根据记忆方便，指定与之对应的位数缩短的号码。这样，当你以后每次需要与该用户通话时，只需先按下“\*”按钮，再按下缩位号即可。例如“6681234”用户的缩位号指定为“74”，则给该用户打电话时，只需先按“\*”按钮，再接着顺序按“7”、“4”两按钮即可。缩位拨号的应用一般只在联系比较密切的用户之间才有必要。

“#”按钮为转移按钮或称计算按钮，它有自动转移来话的作用，即当用户离开本话机所在地点，去另外地点办事时，可事先按“#”按钮，再按所去地点话机号码，则当再有电话打到本机时，交换机就自动将此电话转移到用户所去地点的电话机。因此称“#”为转移按钮。

另外，用户还可使用“#”按钮获得市话局规定的各种计算业务。例如，需要了解打长途电话时所占用的时间及所需缴纳的电话费，以及银行业务的查询等等，用户可根据市话局规定的各种业务号码进行呼叫，然后再按一下“#”按钮，就可获得上述各种业务的答复。

“0”到“9”按钮为号码按钮，它的作用是将被叫的电话号码送给交换机。国内用户的电话号码由长途字冠、长途区号和市内电话号码组成。

国内长途字冠在全自动接续的情况下用“0”代表，半自动接续的情况下用“9”代表，目前用户直接拨打长途均为全自动接续，所以，长途字冠总为0。下面谈谈长途区号的编号方案。

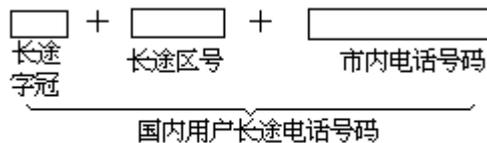


图19

我国的长途区号由1位、2位、3位或4位组成。例如：

1. 首都——区号为1位，编号为1。

2. 省间中心（即各大区如华东、华中等大区的首府）及直辖市——区号为两位，编号为“2X”，X为0到9之间的某一个数。如南京为21，武汉为27等。

3. 省中心（各省省会）、省辖市及地区中心——区号为3位，编号为“ $X_1X_2X_3$ ”， $X_1$ 为3~9之间的一个数， $X_2$ 为奇数， $X_3$ 为0~9之间的一个数，共 $7 \times 5 \times 10 = 350$ 个。如江西省省会南昌编号为791。

4. 县中心——区号为4位，编号为“ $X_1X_2X_3X_4$ ”， $X_1$ 为3~9之间的一个数， $X_2$ 为偶数， $X_3$ 和 $X_4$ 为0~9之间的一个数，共 $7 \times 5 \times 10 \times 10 = 3500$ 个号码。例如江苏省涟水县的长途区号为7525。

从以上可看出长途区号的总容量为 $1 + 10 + 350 + 3500 = 3861$ ，这样大的号码容量对于一个大国来说已经足够用了。

若组织国际全自动长话连续，则应在长途区号前加国家号码，并冠以国际长途字冠（一般用00代表）。这样，全自动国际长途电话的编号，如图20所示。



图20

在市话号码中还规定了一些特种业务号码，特种业务号码的第1位为“1”，并采用三位号长的等位编号1xx，其中x为0到9之间的一个数字。目前，我国已采用的特种业务号码11x，12x，17x以及10x四组是由过去的步进制、纵横制交换机沿袭而来的。其中11x主要用于故障申告，长途人工挂号、报时、火警、匪警等一些服务项目；12x主要是一些社会服务项目，如天气预报等；17x是用于国内全自动、半自动长途电话有关业务；10x规定为国际全自动、半自动电话有关业务。

随着程控电话新业务的出现，我国又规定了14x和15x等新业务号码。

特种业务号码如下表：

|           |               |
|-----------|---------------|
| 111       | 备用            |
| 112       | 市话障碍申告        |
| 113       | 国内人工长途挂号      |
| 114       | 市话查号          |
| 115       | 国际人工长途挂号      |
| 116       | 国内人工长途查询      |
| 117       | 报时            |
| 118       | 郊区人工长途挂号      |
| 119       | 火警            |
| 110       | 匪警            |
| 121       | 天气预报          |
| 122 ~ 124 | 备用            |
| 125       | 国际人工长途查询      |
| 126       | 无线寻呼          |
| 127       | 备用            |
| 128       | 郊区人工长途查询      |
| 129       | 备用            |
| 120       | 急救            |
| 131 ~ 130 | 备用            |
| 141 ~ 140 | 新业务号码         |
| 151 ~ 150 | 新业务号码         |
| 161 ~ 160 | 备用            |
| 171       | 备用            |
| 172       | 国内长途全自动障碍申告   |
| 173       | 国内立即制长途半自动挂号  |
| 174       | 国内长途查号        |
| 175       | 半自动来话群        |
| 176       | 国内长途半自动查询     |
| 177       | 半自动班长台        |
| 178       | 半自动呼叫本端或对端人工台 |
| 179       | 备用            |
| 170       | 国内长途半自动查询     |
| 181 ~ 183 | 备用            |
| 184       | 邮政编码查询        |
| 185 ~ 180 | 备用            |
| 191 ~ 190 | 备用            |
| 101       | 备用            |
| 102       | 国际长途全自动障碍申告   |
| 103       | 国际半自动挂号       |
| 104 ~ 105 | 备用            |
| 106       | 国标半自动查询       |
| 107       | 国际半自动班长台      |
| 108 ~ 109 | 备用。           |
| 100       | 国际长途全自动话费查询   |

我国除规定以上特种业务号码外，还规定了一些新业务号码如下：

1. 缩位拨号：

登记：\*51\*MN\*PQRABCD

MN 为缩位后的号码；

PQRABCD 是待缩位的市话号码。

撤消：\*51\*MN\*

应用：\*\*MN

2. 热线服务：

登记：\*52\*PQRABCD\*

撤消：\*52\*

应用：摘机后如 5 秒之内不拨号，则自动接通 PQRABCD。

3. 呼出限制：

登记：\*54\*KSSSS\*

K = 1：限制全部呼出；

K = 2：限制国际和国内长途全自动呼出；

K = 3：限制国际长途全自动呼出；SSSS：密码。

4. 闹钟服务

登记：\*55\*H<sub>1</sub>H<sub>2</sub>M<sub>1</sub>M<sub>2</sub>\*

H<sub>1</sub>H<sub>2</sub> 是定时的小时数，M<sub>1</sub>M<sub>2</sub> 是定时的分钟数，如设闹钟为上午 7 时 30 分则 H<sub>1</sub>H<sub>2</sub>M<sub>1</sub>M<sub>2</sub> 为 0730。

撤消：\*55\*H<sub>1</sub>H<sub>2</sub>M<sub>1</sub>M<sub>2</sub>

5. 免打扰服务

登记：\*56\*

撤消：\*56\*

6. 转移呼叫

登记：\*57\*PQRABCD # B 号码

B 号码是用户临时出处的电话号码；

撤消：\* # 57 #

应用：所有呼叫 PQRABCD 的电话将被自动转移到 B 号码处。

7. 呼叫等待

登记：\*58 #

撤消：\*58 #

应用：当被叫忙时，交换机不是立刻给主叫送忙音，而是给主叫送等待音，通知主叫等待；同时对被叫送通知音，告诉被叫此时有人在等待与其通话；此时，被叫可选择是否与等待人通话，选择的方法视不同的交换机而不同。

8. 遇忙回叫

登记：\*59 #

撤消：\*59 #

应用：当被叫忙时，主叫挂机，交换机随时监视被叫，一旦发现被叫空闲，则通知主叫。

9. 缺席用户服务登记：\*50 #

撤消：\*50 #

应用：当被叫无人应答时，由代答设备回答主叫。

## 电话网中传数据

通过电话通信网不但可以进行电话通信，还能进行一些其他方式的通信，目前使用最频繁的要算是利用电话通信网进行传真和简单的数据通信了。

在电话网上进行数据通信也就是通过电话网在两台或多台计算机间传输各种类型的数据。

电话交换机只能接受线路上的模拟信号，不能接受数字信号。数字信号对于电话交换机来说是一门听不懂的语言，而计算机只能发送数字信号，不能发送模拟信号，模拟信号对计算机来说是一门不会说的语言。既然如此，怎样使计算机能与电话交换机交流呢？看来要有一个“翻译”是必不可少的了，这个翻译叫“调制解调器”。它能将计算机发出的数字信号转换成电话交换机能识别的模拟信号，也能将电话交换机发出的模拟信号转换成计算机能识别的数字信号。有了调制解调器这个翻译，计算机就能顺利地通过电话交换机进行交流了。

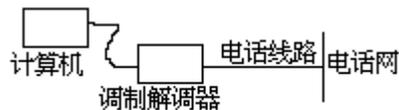


图21 计算机通过调制解调器通信

但是，正如正常生活中，两个人之间的交流经过一位翻译来完成后，说话的速度必然会慢许多一样，调制解调器这位“翻译”的引入也大大降低了计算机之间通过电话通信网进行交流的速度。在数字数据通信网上，计算机之间进行交流，计算机的“嘴巴”一秒钟能“说”几万个字；而加入了调制解调器之后，计算机之间的交流，一秒钟只能“说”几千个字，虽然这也是一个令人瞠目结舌的速度，但毕竟比在数字数据通信网上少了十倍。由于电话通信网和调制解调器的局限性，再提高每秒几千字的速度已经比较困难了，看来只好让“快嘴”的计算机委屈一下了。

计算机接入电话网后，虽然效率大大地降低了，但是应用范围却大大地拓宽了。所谓“塞翁失马，焉知福祸”也！

计算机通信需要四个部分组成：数据、数据终端设备、数据通信设备以及通信链路。

数据为任何种类的计算机可读的信息，这种信息包括商务或个人消息、图形、数据库文件等等。数据以二进制“0”或“1”的形式存在计算机的存储器中，计算机之间进行通信的目的就是要在不同的计算机之间交换这些信息，以便信息共享。

数据终端设备就是用在计算机通信中的计算机，它是数据的源和目标位置。终端的意思就是数据传输的开头和结束位置，人们通过数据终端设备将待发的数据交给数据通信设备，传给对方。

数据通信设备是计算机之间通信的“翻译”或“邮递员”。数据通信设备由调制解调器及相关接口、连接器、电缆组成。

通信链路指的就是电话通信网中的一条通路。

熟悉微机的人都知道，计算机有两类输入输出端口，一类叫并行口，一类叫串行口。并行口很少用于数据通信，一般只用于连接打印机。串

行口是标准的计算机尤其是微机的数据通信接口，它有 25 根针和 9 根针两种结构。在 25 根针中有 2 根针分别用于数据的收和发，国际上关于串行端口的标准称为 RS232 标准。微机将要发送的数据不厌其烦地一比特一比特地放到发送针上，调制解调器感受到微机发送过来的信号后，将此信号经过调制发送到通信线路上去。

所谓调制也就是一个将数字信号翻成电话网能识别的模拟信号的过程。下面是一个调制数字信号的例子。

一串数字信号 01011 经过调制以后，变成了模拟信号，用一个高频区来代替逻辑“1”，用一个低频区来代替逻辑“0”。

在数据接收的时候，调制解调器收到上述调制后的信号。把这个信号执行上述过程的逆过程，变回到数字信号送给微机，这个过程叫解调。

正如串行口有一个 RS232 标准一样，调制解调器也有一个相应的标准。工作在不同速率下的调制解调器符合的标准也不一样，如工作在 1200bps (bps 即每秒传送的比特数，1200bps 表示一秒钟可传送 1200 个比特) 下的调制解调器应符合 CCITT V.22 标准 (CCITT 是国际电报电话咨询委员会的简称) 工作在 2400bps 下的调制解调器应符合 CCITT V.22bis 标准，如果你使用的调制解调器不符合有关标准，你就不能与绝大多数的系统进行通信，除非对方也使用了同样牌子和型号的非标准调制解调器。

下面以一个简单的例子说明调制解调器是如何应用的。在微机上运行一个串行通信软件后，屏幕上将显示以下一个菜单：

|           |           |
|-----------|-----------|
| 1. 数据发    | 2. 数据收    |
| 3. 交互对话   | 4. 数据话音转换 |
| 5. 点对多点通信 |           |
| 6. 系统配置   | 请选择 ⇒ ?   |

#### 串行通信软件菜单

1. 数据发：选择此项后，微机将提示你输入要发送的文件名和对方号码，此两项选定后，就可将你选定的文件发给对方。

2. 数据收：选择此项后，微机将提示你输入要接收的文件名和对方号码，待此两项选定后，微机可通过调制解调器从对方的微机中取得你所要的文件。

3. 交互对话：选择此项后，连接中的两台微机将同时显示两个窗口：一个收窗口，一个发窗口，甲侧在发窗口中输入的字符将显示在乙侧的收窗口中，乙侧在收窗口中输入的字符将显示在甲侧的收窗口中，以此达到双方对话的目的。

4. 数据话音转换：许多的调制解调器后有一个电话手机的插孔，这样的一个调制解调器同时具备电话和传输数据的功能，数据话音转换的选择可在话音和数据之间进行切换。

5. 点对多点通信：选择此项功能后，你的微机可以将某数据发送到多个微机中，就像广播电台将节目传输到许多的收音机中一样。

6. 系统配置：此选择项用于设定串行口及调制解调器的各项参数。

以上只是一个简单的例子，真正的通信软件比这复杂得多，这里就

不详述了。

## 语音邮箱

语音邮箱是近年才兴起的一项新的服务项目。它的基础仍是电话通信网与程控交换机，语音邮箱正在悄悄地进入人们的生活，也许不久之后，人们的名片上不但印有电话号码，还印有语音邮箱号码。那什么是语音邮箱呢？让我们先举几个例子。

第一个例子，甲有事要找乙，可是乙却行踪不定，打电话难以找到。这时，甲就可以拨通乙的语音邮箱，将准备告诉乙的话存入语音邮箱中。乙则每天某个时候都会看看语音邮箱中有没有他的邮件，正如我们每天下班都要看看信箱有没有信件一样，如果乙发现语音邮箱中有他的邮件，就可取出此邮件，听听（不是看看！）到底发生了什么事情。

第二个例子，我们知道，目前使用的寻呼机（BP机）都是只能进行单向简单信息的传递，比如，甲呼了乙，有件事要告诉他，可又一句两句话说不清楚，偏偏甲又无法守在电话机前等乙回电话（或许是因为电话太忙，或许是其它什么原因）。这时，甲在呼完乙后，再拨通乙的语音邮箱，将准备告诉乙的话存入邮箱中，乙在接收到寻呼后，自然会到他的邮箱中打开语音邮件听听到底发生了什么事情。

由以上例子可以看出，语音邮箱的出现使通常意义上的主叫与被叫可以在不同的时间内完成一次呼叫。例如，甲可上午将语音邮件存入信箱，乙下午再将此邮件取出，这无疑扩大了通信的应用范围。

下面看看语音邮箱是如何工作的？

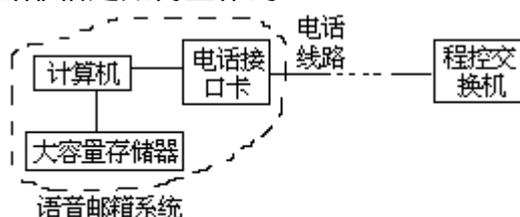


图23 语音邮箱结构

语音邮箱系统是由计算机、大容量存储器、电话接口卡三部分组成。

大容量存储器分成了若干块存储区，每个用户占用其中一块，用户的语音邮件就存在存储区中，每块存储区可存储 1 分钟左右的数字化语言信息。

计算机负责组织、管理邮箱的登记、删除以及一些特种服务的实现等，如给某个邮箱设定密码，使此邮箱只能被某些用户有权使用等。

电话接口卡使邮箱系统得以连入电话网，它上面除了有电话线路接口电路外，还有能将模拟声音转化成数字信息的编码器。

一个语音邮箱的工作过程如下：

从语音邮箱中衍生了许多语言服务，如 114 查号就是一种。以前 114 查号时，都要由话务员将查得的号码报给用户听，有了语音邮箱这项技术后，只要将各单位的电话号码存入语音邮箱中，话务员在收到用户的查号要求后，只要将此要求转达给计算机，计算机将会自动在语音邮箱中查找用户所需的号码，并将此号码变成声音传给用户。这种做法无疑减轻了话务员的劳动强度，提高了查号效率。与 114 查号相类似，160 和 168 信息台等服务也使用了语音邮箱这一技术。

由于在邮箱中的声音信息是数字化的，配合计算机日益强大的数字处理能力，使得我们可以达到“只要能想到就一定能做到”的境界。同时，这也从一个侧面提醒我们将通信的过程包括声音、线路等数字化，再加上计算机无以伦比的数字处理能力和博闻强记的存储能力，将是未来通信发展的一个方向。

# 计算机与通信的联姻——漫谈分组数字数据通信

## 烽火的启示

说到数字数据通信，其实在距今几千年的春秋战国时代已经有了雏形。

在当时中国的版图上存在着大大小小数以百计的诸侯国，几乎每天都有发生战争的危险。那时候，人们在军事上面临的一个最大问题就是：在边境地区发现敌人入侵后，如何迅速准确地将敌人入侵的情报通知首都。要知道，那是个既没有电报又没有电话的时代，聪明的古人想到了采用烽火来传递消息的办法。即在从边境到首都的沿途上修筑一系列的烽火台，当边境地区一旦发现有人入侵，便立即“举烽火为号”，通知远处的烽火台“有敌人入侵”，远处的烽火台看见边境地区有烽火，也立即点燃烽火，将“有敌人入侵”这一消息传给下一烽火台，如此依次传递，迅速准确地将“有敌人入侵”这一消息传到了首都。

那么，为什么说“举烽火为号”是一种原始的数字数据通信雏形呢？

一座烽火台的存在只能告诉人们两个事实：一是有烽火，一是没有烽火。而敌情通报也只有两种情况：一是平安无事，一是遭到敌人入侵。如果我们将有烽火表示遭到敌人入侵；把没有烽火表示平安无事，那么，通过烽火台，我们就能将边境地区的敌情向外界传达。

从一个较长的时间来看，比如一年时间，我们观察烽火台给我们提供的信息。为了简便起见，我们假定，有 365 个小格，每一小格代表某一天烽火台的情况。如果某一小格中填“0”则代表这一天平安无事，如果某一小格中填“1”则代表这一天边境发现了敌情。如果有一位负责烽火台的看守人员每天都在一个小格中填一个“0”或“1”，一年下来，我们就可以得到一串 365 个“0”或“1”组成的数字串，表示了这一年中边境的情况。当然，只要这个国家不是特别好战，“1”的个数通常会很少。

用一句比较规范的话来表达我们上面所说的内容就是：烽火台将两种可能性（有或无敌人入侵）以二进制数字“0”或“1”（0为无烽火，1为有烽火）的形式与外界进行通信。

而什么是数字数据通信呢？定义是这样下的：将数字化的信息（一串“0”或“1”）以数字化的形式与外界进行通信。

## 计算机的嘴巴与耳朵

在很长的一段历史时期中，数字数据通信并没能迅速地发展起来。这是因为：首先，人们通常概念上的通信主要还是对话，即以话音的形式进行通信，还不存在必须要用数字形式进行通信的物体；其次，虽然后来出现了一些要以离散的数字形式进行通信的机器，但是受机器本身处理能力的限制，无法进行大规模的数字信号传送。例如，海军常用的“旗语”也可称之为一种原始的数字数据通信，发信者用两面旗子的不同位置向受信者表示不同的字母和数码，它所传递的信息也就比“烽火”复杂多了。受信者必须经过专门训练才能理解这种“旗语”，而对再复杂一些的数字数据通信，人的眼睛恐怕就无能为力了。

计算机时代的到来，宣告了数字数据通信的革命。

既然计算机只能理解“0”和“1”，那么两台计算机之间进行交流当然也只能是以“0”和“1”的方式，也就是我们所说的数字方式进行了。

让我们剖开一台计算机看它是如何进行通信的。

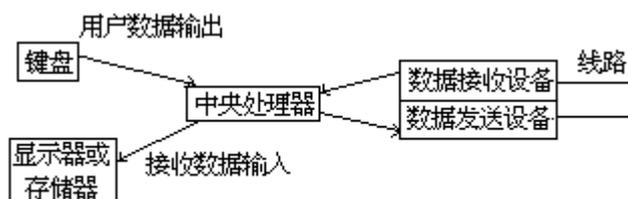


图26 计算机

上图中的数据发送设备相当于计算机的嘴巴，计算机通过这个嘴巴向别的计算机表达自己的愿望。上图中的数据接收设备相当于计算机的耳朵，计算机通过这个耳朵接收别的计算机发给它的信息。

例如，甲计算机要向乙计算机发表一篇演讲，则甲必须将它所讲的内容通过计算机软件翻译成一连串的“0”和“1”，再将这一连串的“0”和“1”通过其数据发送设备发送到乙的数据接收设备上，乙收到这一连串的“0”和“1”以后才能理解甲的演讲内容，虽然一篇短短演讲内容可能会翻译成成千上万个“0”和“1”，但计算机具有超人的本领，那就是它识别“0”和“1”的能力十分强，目前一台普通微型计算机一秒钟可以识别几百万个“0”或“1”。它真是个天才，也是为什么计算机能如此深刻地影响人类社会的一大原因。

计算机如此深刻影响人类社会的另一大原因就在于它的存储器，存储器是计算机的记忆库，其中可以清晰地存储任何翻译成了“0”和“1”组合的信息。比如，我们可以将一本《大英百科全书》翻译成“0”和“1”放入存储器中，以后如果我们要查找其中的某一个条目，靠着计算机一秒钟识别几百万个“0”和“1”的能力，也能将此条目迅速查到，不用怀疑计算机的存储器能否装得下一部《大英百科全书》，因为即使是一台普通的微型计算机，它的存储器通常也能装下 400,000,000 (4 亿) 个英文字母。

计算机的这种博闻强记使计算机之间的通信成为一种必然。因为，我们毕竟不可能，也没有必要在每一台计算机中都装下一部《大英百科全书》！如果甲没装《大英百科全书》，乙装了，而甲又想查其中的一

个条目，那么让甲去问乙好了。这种甲和乙之间对话的过程就是计算机通信，通信的形式是数字数据通信。

## 用恺撒的策略

正如生活中两个人要相互交流必须先自报家门一样，两台计算机之间要进行通信也必须先“自报家门”。“自报家门”的内容包括什么时候开始通信，以什么方法进行通信，通信过程中出了意外该如何处理等等。要使远隔万水千山的两台计算机进行通信，“自报家门”是一个0035复杂而且麻烦的过程。只有通信双方就所有细节都商量妥当了，才能开始通信，这在通信术语中称之为双方达成“协议”。

协议的内容千头万绪，如何才能使双方顺利达成协议呢？人们想到了古罗马帝国皇帝恺撒大帝统治它的国土的策略。

古罗马帝国地域辽阔，恺撒虽然是一个精力异常充沛的君主，也无法事必躬亲。所以，他采用了一个统治策略叫“分而治之”。所谓分而治之，就是将官吏分为若干级，每一级官吏都有某一方面全权，而且向上一级官吏效忠。这样，就像一个金字塔结构，恺撒坐在金字塔顶上就可以轻松地操纵整个国家机器的运转了。

从恺撒的统治方式得到启发，人们为使计算机通信的双方顺利达成协议，也将协议分为若干个层。目前国际上的标准是7层，每一层只执行一部分功能，可以单独地进行开发，它的改变不会影响其他层；每一层仅和其直接相邻的两个层打交道，它利用低一层所完成的功能（而并不关心这些功能是怎样完成的），并且向高一层提供自己本身所完成的功能。

这7层分别是：

第一层：物理层；第二层：数据链路层；第三层：网络层；第四层：运输层；第五层：会话层；第六层：表示层；第七层：应用层。

为了进一步说明7层功能的划分，这里举一个简单的通信例子。在这个例子中交换消息的形式是国际邮政，而不是数字数据通信。

假设英国一家公司的经理要求给德国某公司的经理发送一些消息，任务是由英国经理本人交代的，在提交任务的时候，某人或某办公室执行了第7层的功能，接受了用户（经理）的通信请求。然后，由秘书将经理要送的信息按一定的格式和语言（英语、德语或其他方便的语言）打印成一个或多个（本例中有3个）备忘录，她完成的功能是第6层（表示层）功能。这里，一个备忘录类似数据通信中的一个信息段。第5层（会话层）的工作就是将这些备忘录逐个装入信封，并在每个信封上都写上收信人的姓名、地址以及备忘录的序号。注意，从现在开始，信息的内容就变得无关紧要了，重要的是将这些信封中的信息完好无损地送到目的地，并按正确的顺序排列好。

在以下各层中，每一层都是在封好的备忘录上加上一些“协议信息”。例如。在第4层（运输层）上，公司的运输经理贴上标签说明运输路线和运输手段（飞机、火车等）；在第3层（网络层）上，邮局的业务员根据标签选择航班、车次和中转站；在第2层（数据链路）上，每个中转站都对邮件进行检查，看看是否有损坏或丢失的现象，如有，及时进行补救；最后，在第一层（物理层）上，邮件被工人搬上飞机或火车，经过一段段运输和中转，一直到达德国。

在中转站有3层功能：第1层将邮件搬下飞机或火车；第2层检查

运输中的差错；第 3 层根据地址标签和邮运业务量的情况选择下一段运输路线和交通工具。

邮件到达目的地之后，经历了相反的过程。自下而上地传到了备忘录地址所指的德国公司，由一个运输经理验收，然后送到收信经理的办公室，由邮政人员拆封并按次序连接后成为完整信息。以后，秘书阅读信息（可能要进行语言上的翻译），并将信息的内容报告她的上司。

如果德国经理需要向英国经理发回答信息的话，这个信息将在相反的方向上（德国 英国）经历完全相同的过程。

以上虽然举的是国际邮政的例子，但是，数字数据通信也同样必须经历以上 7 层处理的过程。

在实际应用中，7 层处理中的第 1 层（物理层）和第 2 层（数据链路层）的下半部分的处理全部由计算机硬件完成，也即是由我们前面所说的计算机的嘴巴和耳朵来

完成的。7 层处理中的其他部分的处理（第 2 层上半部分及其以上部分）则是由计算机软件来完成的。这些负责处理通信过程的计算机软件和硬件统称为计算机的通信单元。

随着计算机的日益普及，将会有越来越多的计算机装备这种通信单元。通过这种通信单元，计算机能接到邮电部门提供的数字数据通信网中，与这个网中的任何一台计算机进行通信。当你要求一台计算机与另外地方的另一台计算机进行通信时。这台计算机会要求你输入对方计算机的号码（相当于电话号码）以及要通信的信息内容，剩下的事情，计算机会自动完成。

要通信的信息内容可以包括：声音、文字、报表、图片等等。

例如，你需要检索美国国会图书馆的某一资料，则你打开你的计算机，输入美国国会图书馆计算机系统的号码，进入这个计算机系统后，你将看到所有馆藏资料的分类目录。然后你在你的计算机上输入你需要查找的资料线索。计算机会在浩如烟海的资料中找到你所需要的资料内容，并显示在你的计算机屏幕上。你可以浏览，如果需要，也可以将这些信息输出到打印机上。当然，享受这些服务，你都必须向邮电部门交纳费用。

使用计算机不仅可以传递文字信息，还可以传递图形信息。任何图形信息都可以通过一种叫“扫描仪”的设备翻译成“0”和“1”的串存入计算机的存储器中。这些“0”和“1”的串可以通过计算机的“嘴巴”发出去，接收方收到这些信息后，可以将这些“0”、“1”串翻译还原成图形，显示在计算机的屏幕上。同时，也可以通过打印机将这些图形输出到纸上。

总之，计算机通信能为人类提供的服务是多种多样的。可以说目前的数字数据通信网可以提供除活动图象和立体声音乐以外的任何信息（关于为什么数字数据通信网不能传递活动图象和立体声音乐等信息将在以后的几章中谈及）。

## 数字交换方式

我们在前面说过，要在多个用户之间交换信息，则必须要在这些多个用户之间建立一个能交换信息的网络，一个用户发出的信息在这个网络中寻找一条路由，到达另一用户，而另一用户的信息也同样需要在此交换网络中寻找一条路由到达此用户，这样来完成两个用户间的信息交换。正如我们传递话音信息要经过电话交换网一样，我们传递数据信息也要通过数字交换网络。

电话通信已经有了很悠久的历史，形成了最庞大的交换网，它的电气性能（耳机音量，背景噪声，传输的频谱带宽等）在许多年前就已标准化。数据通信是近 30 年来发展起来的新的通信业务，它与电话通信有许多不同的特点，我们可以利用现有的电话通信网传输数据（如调制解调器的使用），但是我们不能根据数据通信的新要求去改造现存的传统电话交换网，我们需要研究适合于数据通信的新的交换方法，数据通信用户有许多不同的特点和要求，现有的数据交换方式有 3 种：电路交换、报文交换和分组交换。

电路交换是根据电话交换的原理发展起来的一种交换方式。电路交换的过程类似于打电话，当用户要求发送数据时，交换网就在主叫用户终端和被叫用户终端之间接通一条物理的数据传输通路，在一次通信过程中，无论线路上有没有用户数据在传输，此线路一直被通信用户占用，直到通信双方要求拆除电路连接为止。

电路交换的特点是接续路径采用物理连接，在线路接通之后，出现在数据终端用户面前的线路就像专线一样。交换机的控制电路不再干预信息的传输，即在用户间提供了完全“透明”的信号通路。

报文交换是为了克服电路交换中各种不同类型和特性的用户终端之间不能互通，通信电路利用率低的缺点而提出的。它的基本原理是“存储——转发”，如果 A 用户要向 B 用户发信息，A 用户不需要先叫通与 B 用户之间的电路，而只需与交换机接通，由交换机暂时把 A 用户要发送的报文接收和存储起来，交换机根据报文中提供的 B 用户的地址在交换网内确定路由，并将报文送到输出线上，送达终点用户 B。

报文交换的特征是交换机要对用户的信息进行存储和处理。

报文交换较适合于公众电报和电子信箱业务。

分组交换是为了满足通信的实时性和扩大通信适用范围而提出的。分组交换仍采用了报文交换的“存储转发”方式，但不像报文交换那样以报文为单位进行交换，而是把报文截成许多比较短的，被规格化了的“分组”进行交换和传输。由于分组长度较短，具有统一的格式，便于在交换机中存储和处理。“分组”进入交换机后只在主存储器中停留很短的时间，进行排队和处理，一旦确定了新的路由，就很快输出到下一个交换机或用户终端。“分组”穿过交换网络的时间很短，一般为毫秒级，能满足绝大多数数据通信用户对信息传输实时性的要求。

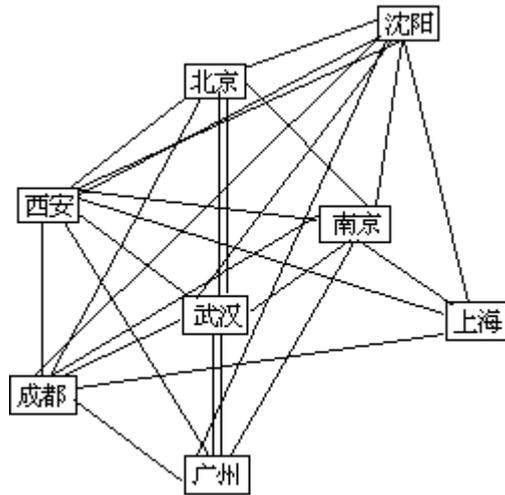


图28 建设中的中国数据通信网

以上的三种数据交换方式，电路交换用于以后的综合业务数字网的信息交换；报文交换在我国应用较少；分组交换在我国应用较多。邮电部于 1993 年 7 月正式启用我国公用分组交换数据网，该网络的设备从加拿大北方电讯公司引进，其主要部分由 32 个大型节点交换机组成，分别安装在除台湾省以外的所有省会城市（北京 2 个）各节点机之间采用传输速率 9.6 ~ 64 千比特 / 秒的高速优质通道互联，同时每个省会城市的节点机又分别与其省内分组交换网互联，从而形成一个规模庞大的网络。又由于该网络与国际其他同类网络采用广泛的互联，从而使任何一个用户可以通过该网络与在国内及世界任何角落的用户互通。

## 分组交换

分组交换的概念起源于电话通信，而不是数据通信，尽管后来它被广泛地应用于数据和计算机通信中。大家公认，分组交换技术是兰德（RAND）公司的保罗布朗和他的同事于1961年在美国空军 RAND 计划的研究报告中首先提出来的。他们当时所从事的工作是如何使军用电话通信安全，不被窃听。

布朗等人的想法是，将通话双方的对话内容分成一个一个很短的小块（分组），在每一个交换站将这一呼叫的“分组”与其它呼叫的“分组”混合起来，并以“分组”为单位发送。通话的内容通过不同的路径到达终点，终点站收集所有到达的“分组”，然后将它们按顺序重新组合成可听懂的语言。如果传输线路在网内的某一位置被分接，或者微波中继站间的通信被截收，但是收听到的是由多个对话交错在一起的“分组”，它们的含义是不连贯的。虽然这个方案在1964年公布于世，但是由于在一个大型网络中需要执行复杂的处理和控制在当时的技术条件下未能实现。

在这段时间内，美国国防部高级规划研究局在美国各地支持一些设在不同大学和研究所里的在大型计算站。用于进行基础和应用研究，由于时区的不同以及各个计算中心工作量和所配置的计算机硬件和软件有所不同，希望寻求一种资源共享的方法，使计算机能有效工作。所谓资源共享就是指网络给用户提供的资源，包括线路、中央处理机、打印机、数据库等并不是由某一个用户独立占用的，而是由许多的用户共同占用，分时使用。比如一条线路可以提供64千比特/秒（即每秒传输65536个比特的能力）的传输能力，而用户终端随着应用的不同通信速率差别是很大的。比如一个由操作员操作的用户终端其通信速率可能只有20比特/秒（即一秒钟发出20个比特），而且常常由于人要思考而停顿，如果我们将整个通信线路都给某一个这样的终端用，那么通信能力的浪费是很大的。经济有效地使用通信线路的办法就是让多个低速率的用户终端通过复用器共同使用一条高速通信线路，只是各个终端使用的时间是错开的。以这种方法提高线路的利用率，这就是通信线路的资源共享。

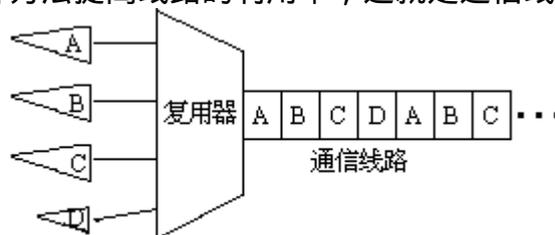


图19 通信线路的资源共享

为了达到资源共享，美国国防部的科研人员完成了世界上第一个分组交换网 ARPANET。通过这个分组交换网，各种类型的数据终端，包括计算机，可以通过这个网的高速通信线路连接起来。

世界上第一个开放商用分组交换网的是美国 TELENET 公司，于1975年开放业务，网络名称为 TELENET，随后加拿大的 DATAPAC（1977年）法国的 TRANSPAC（1978年）、英国、日本、比利时、荷兰、前西德等国家也相继组建了分组交换网。我国的分组交换网（简称 CNPAC）于1988年

开放一些业务，1993年正式开放了。

分组网的迅速发展是由于集成电路技术和计算机技术的不断进步导致了数据处理成本的下降，使用计算机进行数据处理的部分不断增多，应用越来越广泛。同时，计算机之间的通信联系也越来越多，利用现有的电话网进行计算机之间的通信，无论在速度上还是在安全性和可靠性上都受到很大的限制，历史的前进呼唤一种全新的专为计算机通信所设计的交换网络，这就是我们所说的分组交换网。

计算机用户要想进入分组交换网与我们申请进入电话网的过程类似。首先要从邮电主管部门申请一条线路和传输设备，然后在用户的计算机中插入一块分组交换接口卡和相应的软件，就可进入分组网了。

针对用户不同的应用，配上不同的软件即可。比如针对数据传输应用可配数据传输软件，针对报表资料统计的应用可配报表资料统计的软件等等。



图30 用户接入分组网

从计算机通信网络的观点来看，我们常常把分组交换网叫做通信子网，而把建立在通信子网基础上的计算机网称之为资源子网。通信子网好比是马路，资源子网好比是马路上跑的各种车辆。没有马路，车跑不起来，有马路，没有车或者可跑的车很少，马路的作用也发挥不出来。分组交换网的经营和管理部门除了向用户提供马路外（用户开车），还可以发展运输业（自己开车），这就是发展远程信息处理业务。目前世界上广泛应用的远程信息处理业务包括电子信箱、电子数据交换、可视图文、智能用户电报等。

## 电子信箱

电子信箱是目前应用最广泛的远程信息处理系统。电子信箱利用存储—转发方式为用户提供多种类型的信息交换，它可以传递一般的信函、文件、传真、图象、话音或其他形式的信息。用户将要发送的信息以一定的格式通过通信网络，如分组交换通信网，发送到收信人的信箱中。信箱实际上是与通信网络相连的计算机存储器，收信人可以通过通信网络随时打开自己的信箱，看看有无别人发来的信件，同时也可利用自己的信箱写回信或发送信件，在这里交换网络起了邮局和邮递员的作用。

电子信箱最基本的特点是用户可以在任何时间、任何地点发送或接收文件，而不管通信对方处于何种状态。例如即使某人出差在外地，只要有一台接入交换网的计算机，就可查看自己的邮箱有无重要信件到达，而回信也可在任何时间任何地点进行。电子信箱的另一大特点是其高速投递能力，在高速网络中，用户的邮件是以光速进行投递的。通信双方虽然远隔万里，却可以“面对面”地进行信息交流，这打破了以往的地理距离的限制。另外，电子信箱还有一些特别服务如广播消息。一个人遇到一个问题解决不了，可以将此问题发到网络中各个用户的信箱中征求解答，在很短的时间内，就可以收到有关此问题的解答。这种通信形式为办公室自动化以及商业活动、科学研究活动带来了方便，因而这一业务受到人们的普遍欢迎。

我国投入使用的电子邮箱系统是美国 SPRINT 公司的产品，简称为 CHINAMAIL。

CHINAMAIL 的一些基本功能如下：

### (1) 信件编辑功能

- 编辑信封时有提示；
- 可暂时中断编辑，可存储，可修改；
- 可指定一个或多个收件人，也可拷贝给其他人；
- 可以给信件指定题目，方便收件人查阅；
- 可以作废已编辑的信件。

### (2) 信件发送

- 可以给信件指定等级和类别。例如加急信件、私人信件、挂号信件、索取回条原件等形式；
- 可定时发送信件（发信人可以指定在某日某时发送某信件）。

### (3) 信件的归档和查阅

可对信箱中已收到的信件进行归档，以便日后查阅或处理，其功能包括：

- 建立文件夹；
- 整理文件夹；
- 查阅转发信件；
- 删除归档的信件。

### (4) 建立信件投送表

用户可以编辑一张信件投送表，其中包含一组收信人的用户名，并取一个组名，当用该组名发信时，该组内每个成员均收到此信。

#### (5)直接投递

利用此功能，电子信箱用户可以向非电子信箱用户发送信件，投递操作由电子信箱系统自动完成。例如：

- 向传真机发送；

由网络中负责与传真机联系的工作站执行邮件与传真件之间格式的转换，并自动执行投递操作。

- 向用户电报网终端的投递；
- 向电话网终端的投递；
- 向分组网终端的投递。

#### (6)文件传输

用户可以通过电子信箱传输二进制文件。

#### (7)公告牌

可以建立不同范围和等级的公共信箱，提供公共信息的发送和接收

#### (8)信息检索

用户可以检索一定层次下的用户、管理员、公告牌、信件投送表等信息。

#### (9)电子格式程序

该系统向用户提供一些标准的格式程序，用户可以利用这些格式程序开发自己的应用程序。

#### (10)安全性

用户使用用户名和口令进入自己的信箱，用户可以修改自己的口令，该口令只有用户自己知道，如果连续 3 次输入的用户名与口令不符合，则信箱会保护性关闭。当下一次用户打开自己的信箱之后，系统会自动向用户报告这一情况。如果发送的是私人信件，则收信人除了要用用户名和口令打开信箱之外，还必须正确输入个人识别码，才能看到此信件，利用这种方法也可以实现多个人共用一个信箱。

#### (11)远程用户代理软件

CHINAMAIL 还可以向用户提供远程用户代理软件。该软件安装在用户的计算机中，可以进行信件编辑、归档等许多操作，提高工作效率，节省通信费用。

## 电子数据交换

电子数据交换也称 EDI (ElectricDataInterchange) 是一种利用计算机进行商务处理的新方法,它是将贸易、运输、保险、银行和海关等行业的信息,用一种国际公认的标准格式,通过计算机通信网络,使各有关部门、公司和企业之间进行数据交换和处理,并完成以贸易为中心的全部业务过程。由于 EDI 的使用可以完全取代传统的纸张文件的交换,因此也有人称它为“无纸贸易”或“电子贸易”。随着我国经济的飞速发展,各种贸易量逐渐增大,为了适应这种形势,我国将陆续实行“三金”工程,即金卡、金桥、金关工程,这其中的金关工程就是为了适应贸易的发展,加快报关过程而设立的。

使用 EDI 的优点是:

1. 降低了纸张的消费。根据联合国组织的一次调查,进行一次进出口贸易,双方约需交换近 200 份文件和表格,其纸张、行文、打印及差错可能引起的总开销等大约为货物价格的 7%。据统计,美国通用汽车公司采用 EDI 后,每生产一辆汽车可节约成本 250 美元,按每年生成 500 万辆计算,可以产生 12.5 亿美元的经济效益。

2. 减少了许多重复劳动,提高了工作效率。如果没有 EDI 系统,即使是高度计算机化的公司,也需要经常将外来的资料重新输入本公司的电脑。调查表明,从一部电脑输出的资料有多达 70% 的数据需要再输入其他的电脑,既费时又容易出错。

3. EDI 使贸易双方能够以更迅速有效的方式进行贸易,大大简化了订货或存货的过程,使双方能及时地充分利用各自的人力和物力资源。美国 DEC 公司应用了 EDI 后,使存货期由 5 天缩短为 3 天,每笔订单费用从 125 美元降到 32 美元。新加坡采用 EDI 贸易网络之后,使贸易的海关手续从原来的 3~4 天缩短到 10~15 分钟。

4. 通过 EDI 可以改善贸易双方的关系,厂商可以准确地估计日后商品的寻求量,货运代理商可以简化大量的出口文书工作,商户可以提高存货的效率,大大提高他们的竞争能力。

EDI 技术是电子信箱技术的自然发展,电子信箱的应用和发展大大提高了人们的办公效率,将它应用于商业事务的愿望促进了 EDI 技术的发展。

EDI 和电子信箱之间既有联系又有区别。从通信的角度来说,EDI 和电子信箱是相似的,但是它们也有比较明显的区别。例如电子信箱是通过交换网络将人与人联系起来,使人和人之间可以通过交换网络快速准确地交换信息,而 EDI 则是通过交换网络将两个计算机系统联系起来,例如将服装进出口公司的电脑系统与海关的电脑系统联系起来,以此简化报关手续。所以说,EDI 是计算机之间通过交换网络传递商务信息。此外,电子信箱与 EDI 的另一大不同是,电子信箱存储和传递的信息是用户(人)之间的信息,这种信息只要人能读懂即可,不要求有一定格式(当然,你使用电子邮箱时最好给信件加上前面的称呼和后面的祝词,否则,对方可能就会有意见了)。而 EDI 通信不一样,EDI 通信的双方是计算机,说本质一点,是计算机上的软件。软件可没人那么聪明,什么格式都能看懂,软件之间的通信需要格式化信息内容,况且,EDI 通信内

容主要是贸易中的文件和报表，使格式化信息成为可能，这是 EDI 与电子邮箱的另一不同。

举一个例子，电子信箱传递的是普通的信件，EDI 传递的是文件、表格，但是无论传递的是何种内容的信息都要将这些待传递的内容装入信封，写上收信人地址，贴足邮票，丢入邮筒。也就是说通信的过程是一样的。

EDI 不是用户间的简单的数据交换系统，EDI 用户需要按照国际通用的消息格式发送消息，接收方也需要按照国际统一规定的语法规则，对消息进行处理，并引起其他相关系统的 EDI 综合处理，整个过程都是自动完成，不需要人工的干预，减少了差错，提高了效率。例如，有一个工厂采用了 EDI 系统，它通过计算机通信网络接收到来自用户的一笔 EDI 方式的订货单，工厂的 EDI 系统随即检查订货单是否符合要求和工厂是否接收订货，然后向用户回送确认信息。工厂的 EDI 系统根据订货单的要求检查库存，如果需要则向相关的零部件和配套设备厂商发出 EDI 订货单；向铁路、海运、航空等部门预订车辆、舱位和集装箱；以 EDI 方式与保险公司和海关联系，申请保险手续和办理出口手续；向用户开 EDI 发票；同银行以 EDI 方式结算帐目等。从订货、库存检查与零部件订货，办理相关手续及签发发货票等全部过程都由计算机自动完成，既快速又准确。

## 可视图文

可视图文业务（也称 Videotex）是一种人和计算机之间的交互型双向通信新业务，它把电视、电话、数据通信和计算机结合在一起，为公众、政府和各种社会团体提供文字和静止图形的信息服务，这种服务正在改变人们生活、工作和学习的方式，成为 80 年代迅速发展的领域之一，尤其在欧洲获得了较广泛的应用。

早在 70 年代初期英国就提出了 Videotex 业务的概念，在已有的电话机和电视机的基础上，增加一个简单的解码器，构成 Videotex 终端，利用它可以从信息服务中心获取文字和图形信息，并于 70 年代末开放了 Prestel 系统，用于可视图文业务，法国紧随英国之后也开发了 Videotex 业务，后来加拿大和前西德也相继开放了 Videotex 业务，我国也于 90 年代初开放了少量的可视图文业务。

可视图文业务的网络结构如图 31 所示。



VAP: 经电话网的 Videotex 接入点设备

图31 可视图文网络结构

Videotex 业务的用户有两种，一种为信息提供者：不断向数据库中增加信息和修改信息；另一种为信息使用者：从数据库中查询信息，这种查询可以交互式地进行，用户输入命令，Videotex 系统给予响应，用户再输入新的命令，直至查到所需要的内容。一个 Videotex 系统可以有一个或多个数据库。VAP 为网间接入点设备，它执行 Videotex 相应的协议。

举一个 Videotex 的例子，你如果经常看报纸，往往能看见大量的房屋销售广告，如某某花园、某某公寓、某某大厦等，这类广告一般都配了一些图片资料，如房屋的外形结构、内部结构、所处环境等等。这些图片由于报纸版面和印刷质量的问题无法向用户提供精确和详细的资料，这样，有的房地产开发商就想到了利用可视图文业务，预先将大量的有关房屋介绍的图片资料存入数据库中。如果有的用户想了解有关房屋的信息，可以通过计算机终端用 VAP 访问数据库，将数据库中预先存的图片资料调到终端的显示屏上，于是用户就可以在显示屏上观察一幅幅彩色的，配有各种文字说明的图片，这无疑可以提高用户的买房兴趣。

可视图文的应用是多方面的，除了上述以外，还有：

- 航班调度；
- 公共汽车调度；
- 新闻简报；
- 娱乐；
- 教育资料；
- 图书卡片；
- 电话号码；
- 新闻、体育、天气；
- 电子游戏；

- 电子信息中心；
- 授课；
- 民意测验；
- 支付帐单；
- 股票市场；
- 预定旅馆；
- 按目录购物；
- 家庭银行；
- 购买戏票。

诸如此类应用很多。可视图文系统既可以提供公共服务，也可以在单位内部或宾馆等处专用。

## 通信无处不在——漫谈移动通信

所谓移动通信是指通信双方有一方或两方处于运动状态的。它可分为陆地移动通信、海上移动通信、航空移动通信和卫星移动通信等。移动台可以是汽车、船只、飞机和卫星。

移动通信具有与一般通信不同的特点。由于通信双方均在迅速运动中，所以这种通信方式有一些自身特点。首先，由于通信者在迅速运动中，所收到的电波随时间和地点而迅速变化，有时候收到的电波很强，有时候收到的电波很弱，这就造成了通信系统工作的不稳定。其次，高速的运动还会造成频率的偏移。在火车站的站台上等过火车的人都有这样的经验，当火车进站时，随着火车的驶近，火车的汽笛声会变得越来越尖，而火车从你身旁驶过后，汽笛声则会变得越来越沉闷，这是因为火车本身的速度造成了汽笛频率的偏移，科学上称这种现象为“多普勒频移”。移动通信时也存在这种问题，通信者的移动造成了电波频率的偏移，当通信者运动速度较低时，上述频移较小，但是如在超音速飞机上，则频移是必须要考虑的。第三，移动通信设备大多是安装在汽车中，汽车行驶时会产生各种各样的噪声，这些噪声都会影响通信的质量，必须考虑如何抵抗这些噪声的干扰。由于以上特点，移动通信是完全不同于以往的通信形式的一种新的通信形式。

现代移动通信最早起源于 1921 年，美国在底特律为警车装备了一套汽车通信系统，虽然这套设备在今天看来是又笨又不好用，但它毕竟是移动通信设备的鼻祖。二次大战以后，世界经济迅速发展，移动通信也得到了应有的重视。1967 年，美、英、澳大利亚和加拿大决定联合制定一个“野鸭”计划，目的在于为“北约”建立一个区域移动通信系统，但是该计划只进行了两年就因为美国的退出而搁浅了。然而由于它已经进行了两年的工作，制定了一些基本要求，为未来的移动通信发展提供了可能性。所以在“野鸭”计划破产后，各国都转入研制本国的移动通信系统，例如，英国的“松鸡”、法国的“星达”、前联邦德国的“奥特克”等。

以上这些系统有以下的特点：

第一，可以直接与市内电话用户通话。也就是说，移动通信可以进入整个通信网，甚至可以拨叫其他城市的长途电话。称得上是一机在手，打遍全球。

第二，有自动控制接通电话的功能。移动电话不必像使用报话机“长江长江，我是黄河”那样呼叫和监听，而完全和普通电话一样拨号，有电话打进来时，也是用振铃方式提醒用户接电话。

第三，有多种多样的用途。例如，公众汽车电话是像普通电话一样由用户申请安装的；专用汽车电话是由单位自己建设供内部使用的；无线电调度电话是在大型工矿企业内供生产调度使用的；无线电寻呼是供行人随身携带，用来寻找外出的行人并传递简单信息的；无绳电话是作为普通电话的附加设备，可以机动使用的；此外，还有安装在列车船舶和飞机上供旅客使用的电话等等。

我国从 1986 年开始引进蜂窝移动电话技术，1987 年 11 月，广州开通了我国第一个移动电话系统。此后河北、上海、天津等省、市相继开

通了这种电话通信系统。至今，我国已有 74 个大、中城市开通了这种电话系统。全国移动电话的年增长率为 50%，到 1992 年底，移动电话用户已达 17 万户。

1993 年 3 月起，在我国境内开通了移动电话的漫游通话业务，这就意味着，手持移动话机的用户，可以在国内除边远地区以外的 25 个省市直拨国内、国际电话。

## 大哥大与蜂窝

大哥大是蜂窝移动电话的简称。对于公用移动通信网来说，最多也只能安排几百个信道（一个信道允许一对用户通话），而实际的用户数却数以百万计，面对这个尖锐的矛盾，工程师们想出了将整个服务区划分成许多小块，小块与小块之间信道是复用的，这样就可解决移动电话用户多而信道少的矛盾。至于小块的形状应是如何则来自于仿生学的蜂窝。正六边形的小区与三角形、正方形或其他形状的小区相比，正六边形小区之间的中心间隔最大，有利于减少同信道之间的干扰；而且，六边形小区，两小区重叠面积最小，要构成同等大小的服务区要求的小区个数最少，将多个正六边形小区组合起来，形状酷似蜂窝，因此，又称为蜂窝式小区组网。每一个小区中有一个基站负责本小区内的通信。

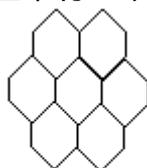


图32 蜂窝式小区

如果一个大哥大使用者乘汽车在 A 区行驶时要和某一市内电话用户通话，他首先要占用基站 A 的一个无线电信道，并且通过这个信道发出呼叫信号与市内电话用户（被叫用户）的号码，移动电话局收到这个信号和号码后，立即把它转变成市内电话的信号并送到市内电话局，市内电话局的交换机开始工作，使被叫用户振铃，这样双方就可以通话，通话结束，双方挂上话筒后，移动电话局和基站就自动把被占用的无线电信道撤回，以供给另一要求通话的用户使用。

当此用户在通话时，汽车从 A 区转入 B 区，这时的通话是不会受影响的，因为移动电话局经常监测着各个用户的通话状态，当它发现用户驶入 B 区，就会立即把电路转接到 B 区的一个无线电信道上，并同时指令大哥大改变信道，大哥大改变信道的过程是自动进行的，所需的时间不到 1 秒钟，所以用户几乎不能察觉。

## 小仆人

1985年国庆节后，北京市无线通信局宣布开放一种新的业务“公众无线电寻呼通信”，这也是移动通信的一个分支。

无线电寻呼业务的英文名叫“paging”，它是由小仆人page这个词转意而来的，在古时，欧洲的庄园城堡中，通常都雇有几个年轻的小仆人，当那些贵族们在举行宴会舞会时，小仆人的任务之一便是随时为贵客们寻找另一位老爷，传递一张小便条，约他到某处商谈一件事或见一次面等等。用paging这个词来作为无线电寻呼的名称，就是表达了这种作用：在人群中寻找某一个人，递一张简单的便条，订一个约，或是很普通的一句话，甚至仅仅是“请打个电话到我家”这样一些简单的信息。

无线电寻呼系统的组成如图33所示。

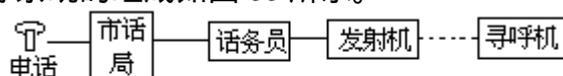


图33 无线电寻呼系统

如果要使用无线电寻呼系统寻找某一带了寻呼机外出的人，只要利用市内电话把被寻找者的寻呼编号、简短的信息内容以及本人电话号码告诉话务员，话务员将记录下这些信息并用特殊的信号经过无线电发射机发出，这时被寻呼者身上的接收机就会响起“嘀—嘀—”声，同时在屏幕上显示出简短的信息，一目了然。

目前，北京地区使用的寻呼机有数字式的与汉字显示的两种，数字式的只能显示英文字母和阿拉伯数字，这对于不懂英语的用户在使用上造成了一定的困难，而汉字显示寻呼机可直接在寻呼机的液晶显示屏上显示汉字，这大大提高了寻呼机在我国的适用面，一些简单的信息，如“我今晚回来吃饭”、“祝你生日快乐”、“××处微机报价为××元”等都可以通过话务员直接显示在被寻呼者寻呼机的显示屏幕上，极大方便了用户。

无线电寻呼系统除了用于公众寻呼业务外，还可供一些专用场所使用，例如，1984年洛杉矶奥运会为各个比赛场地的工作人员（保安、救护、电工、管道工等）配备了几千台寻呼机，这些工作人员平时分散在各自的岗位上，一旦需要，在5分钟内就可以集合，赶到指定地点，这在奥运期间起了很大作用。又如在一些大型医院中，为医生、技师、护士、药房和血库的主要工作人员配备了寻呼机，遇到有急诊、抢救手术等紧急情况时，不论白天黑夜都能在几分钟内把某一种手术的全套医护人员召唤到一起。

众所周知，无线寻呼是一种单向的通信系统，寻呼中心只发出信号，而用户的寻呼机是不能进行回答的。如果需要双向通信，还得借助电话才能实现，从这个角度看，它的功能还不完善。所以，随着无线寻呼的发展，语音信箱逐渐走入人们生活，寻呼者在呼了被寻呼者后，不用等被寻呼者回电话，只需将想要告诉被寻呼者的话存入语音信箱，被寻呼者在接到寻呼后，只要打开自己的语音信箱就知道到底发生了什么事情了，这样就避免了寻呼者要等被寻呼者回电话，被寻呼者又要到处找电话以便回电话的窘境。

无线寻呼在我国仅仅十年，却发展得如火如荼，一些新业务如天气

预报、股票信息等都进入了无线寻呼的服务范围，相信随着使用的广泛，这个“小仆人”会越来越能干的。

## 第二代无绳电话

无绳电话，顾名思义是指手机（送话器和受话器）与主机（电话机的基座）之间不用物理连线的一种电话机。无绳电话手机与主机之间的连线被各自配备的小功率无线电发射机所取代，而主机仍是通过电话线与电话网的交换机相连。使用无绳电话时，既可以直接在主机上拨号，也可以在手机上拨号；当有电话呼入时，手机和主机都会振铃，显然，此时的手机已完全具备了一个普通电话机的功能。它能像大哥大一样随身携带，随时使用。它的限制是手机与主机之间的距离不能太远，一般是 200 米到几千米之间。

最早的无绳电话 70 年代末起源于美国，当时称之为 CT0。无绳电话在欧美受到了很大的欢迎，因为许多的欧美人住房面积比较大，有的甚至还有私人花园。使用普通的有绳电话，当电话铃响起来的时候，都必须到电话机旁去接电话，十分不方便；而无绳电话则不然，用户可以将无绳电话的手机拿到花园、浴室等地方，十分方便地打电话或接收电话呼叫。所以，在当时，CT0 几乎风靡了整个欧洲。在此基础上，英国又推出了 CT1，其使用的技术基本上与 CT0 相同。CT1 的使用范围仍被限制在家庭住宅或十分有限的办公场合。由于 CT0 及 CT1 均采用模拟技术，因而保密性差，通话质量也不高。同时由于采用双频工作方式，其频率利用率低，仅有 8 个频道为用户服务，也即是说，在方圆 200 米的范围内同时只能由 8 个用户进行通话。用户再多就会出现串音现象。除此以外，CT1 的手机体积也较大，不太适合于放在口袋中，电池寿命也较短。上述这些 CT1 的不足限制了它在用户数较多的办公室及公共场合的使用。

当然，CT0 和 CT1 剪断了电话机的主机与手机之间的连线，使人们从必须守着电话机才能接电话的困境中解放了出来，又不能不说是电话发展史上的一大进步。这也是以后 CT2 得以发展的原因。

CT2 的研制主要目的是为了无绳电话的使用走出家庭的范围，把它的使用扩展到办公室和马路上，为此，英国人提出了电信点的概念。电信点的作用相当于有线通信的公用电话亭，而 CT2 的手机就相当于电信点的无线延续。在家中、办公室或马路旁每隔几百米或 1 千米就设定一个电信点，每个电信点可以外接 1 条或几条市话线。在人口稠密区的电信点，接到公众电话网的用户线可以更多一些。电信点的数目也相应多一些，持 CT2 手机的用户如果想进行通信，开机后，手机会自动寻找与之距离最近的空闲的电信点，并建立联系，通过电信点与公众网交换机的连接完成一次通信过程。

目前，CT2 系统在世界上方兴未艾，尤其在东南亚许多国家，其公共电话系统和其他通信系统尚不发达，而 CT2 系统的价格低廉，投资也较小，因此引起了一些国家，如泰国、马来西亚、印度尼西亚等的兴趣。在新加坡，CT2 系统被叫作“呼叫带服务”系统，由于新加坡人口集中，国土面积小，正好发挥 CT2 系统的长处，再加上它的收费极便宜，因此受到广大用户的欢迎。

香港也于 1992 年 3 月开通了 CT2 系统，目前已有手机 3 万部，基站 4000 个。据称香港最终用户可达 30~50 万，基站将有 2~3 万台，待实现上述布局后，用户就会感到使用 CT2 非常方便。

我国深圳 CT2 系统也已开通，并将会有更多的城市建起 CT2 系统。

CT2 问世以来主要应用于 3 个场合：家庭、办公室和公共场合。

使用于家庭的 CT2 如图 34 所示。

当主机与用户电话线相连后，用户便可使用手机接电话或打出电话。由于手机是无绳的，所以用户可在主机一定范围内走动，不影响通话，而且由于 CT2 采用的是数字技术，通话质量和保密性比一般无绳电话均有了很大的提高。

一般来说，一个主机可以登记多个用户使用，如 GDT 公司的主机可以允许 9 个手机登记，同时，还可以限制某些手机的服务类别。比如，有的手机不允许打长途电话等，这样，既能使每个家庭成员有一手机，又可限制小孩打国际或国内长途电话。

使用于办公室的 CT2 系统如图 35 所示。

办公室场合的特点是人员较多，流动性也较大，通话量也较大。所以，适用于办公室场合的无绳系统需要一个无绳管理器，类似于一个小交换机的功能以及完成人员流动管理、用户识别功能等。

使用于公共场合的 CT2 系统如图 36 所示。

当一个用户希望打电话时，应首先向基站发起呼叫，并发出手机的识别信息，经过基站鉴权以后，手机方可打电话，用户每次打电话的计费信息都保存在公共基站中，在每天的特定时刻，由网路管理中心将这些计费信息取走。从这一点上看，公共无绳系统就像人们使用公共场合的投币电话一样。

下面我们来介绍美国摩托罗拉公司新推出的一种 CT2 手机——银链 2000。

银链 2000 的体积很小，重量只有 190 克。可以放进衬衣口袋中。手机采用的是数字化声音，能提供很好的音质，且不易受干扰，不易被窃听。此手机除了有一般电话机的重拨、存储号码、话筒默音等功能外，还有一个液晶显示屏，可以显示手机的种种状态，如手机的电池是否快没电了、所拨的号码以及基站的反馈信息。

银链 2000 还有一个独特的功能是将寻呼机结合到手机中。用户只要按一下手机上的 phone 按钮，就能自动对寻呼回话。

## 全球通信系统

一般移动无线电通信只能覆盖较小的范围，利用高频进行移动通信又有可靠性不高的缺点，而利用卫星作为中继站进行移动通信，有明显的优点。例如，利用一颗静止卫星就能覆盖整个大西洋区域，进行可靠的移动通信，

从航空和航海的安全角度考虑，它也有很大的应用价值。

用卫星进行移动通信，虽然 60 年代就已开始试验，但由于通信设备在重量和体积上的种种限制，直到 70 年代后期，海事移动卫星通信才正式投入运行。空中和陆地的移动卫星通信，目前正处于发展阶段，随着通信卫星技术的发展，新一代卫星的投入运行，专家们估计，90 年代移动卫星不仅在海上，而且在空中和陆地，都将取得较大发展。

移动卫星通信目前最吸引人的一个成果是低轨道移动卫星通信。这是 80 年代后期提出的一种新的构想，其基本思路是利用数十颗低轨道卫星构成星座，覆盖全球，使人们可以在地球上的任何地方使用不太贵的手机进行全球范围的通信。

关心我国“长征”系列运载火箭的人一定还记得，中国与美国之间曾有一个利用中国的长征系列运载火箭将美国摩托罗拉公司“铱”计划中的数十颗低轨道卫星送上太空的意向。那什么是“铱”计划呢？“铱”计划为什么会导导致这么多的卫星上天呢？

1988 年，摩托罗拉公司的几位工程师在茶余饭后聊天时提出了用多颗低轨道卫星来覆盖全球以提供移动通信的想法。这一想法很快得到了公司总部的支持，并成立了卫星通信部，组织人员研究出一个可以实现的系统方案，并向美国联邦通信委员会提出建造和经营这一系统的申请。这就是世界上第一个提议的低轨道卫星通信系统，后来根据其星座结构取名为“铱”系统。铱系统由 77 颗卫星构成，投资约 34 亿美元。

“铱”系统与我们前面所说的地球同步卫星通信的不同在于：地球同步卫星通信的主体是位于距地球 3.6 万公里高空的地球同步通信卫星，因为同步卫星站得高，所以看得远，只要三颗同步卫星就可以覆盖地球。但是，由于它距地球太遥远了，所以无论是卫星发射技术，还是接收、发送信号设备的制作，难度都很大。而且，同步卫星本身也较大，制造成本也很高，一般一颗的成本就要数亿美元。而“铱”系统通信的主体是 77 颗距地球 765 公里的小型卫星，这种卫星很小，一般为 2.3 米 × 1.2 米大小，重量也轻，可以用很便宜的运载工具发射上天。而且，卫星的设计也尽可能的删繁就简，发射和接收信号的设备也可以做得相对简单。由于距地球近，所以，要达到使信号覆盖全球的目的，仅 3 颗卫星就远远不够了，必须用多颗卫星来覆盖全球。在“铱”系统中一共用了 77 颗这种低轨道卫星通过微波互连构成网络。由于这 77 颗卫星在天空的分布与金属元素“铱”的原子结构十分相似，故而命名为“铱”系统。

由于“铱”系统是属于移动通信的范畴，所以，每个用户必须随时将自己所处的位置通知离他最近的地面站。当一个用户设备开机后，它便自动向其归属的地面站发送一登录信息，通知该站，本用户单元已开机，处于通信状态。如果该用户设备移动到了一个较远的地方，也自动

向此地面站发送一位置更新信息。

建立一个呼叫的过程大致如下：

1. 用户打开手机，拨被叫号码，这时，一个包含主叫用户注册号码及被叫用户终端号码的请求服务信息，将被送到视线内距离最近的一颗卫星中，随后被转送到本地区的地面站，以便准备建立呼叫。

2. 本地区的地面站将核对该主叫用户是否有权使用此项服务。

3. 本地区的地面站同时向被叫地区的地面站询问被叫是否有权使用此项服务，同时获得被叫位置的有关信息。

4. 如果经核对，主叫与被叫用户都有权使用此项服务，则系统将给主叫被叫之间分配一条卫星链路，并同时向被叫振铃。

5. 当通信的一方处于移动中时，地面站将对用户的位置进行跟踪，以保持双方进行正常的通信。

下面举一个例子来说明此通信过程是如何实现的。

假设北京的李先生在北京地区地面站登录他的通信终端（如手机等），北京地面站就是李先生的归属地面站；现在李先生将在西藏停留一天，西藏地区地面站在这一天当中将是他的本地服务地面站；陈先生住在武汉，他在武汉地区地面站登录他的通信终端（如手机等），武汉地区地面站是陈先生的归属地面站；而现在陈先生正在巴黎进行业务活动，巴黎地区地面站在这段时间内将是陈先生的本地服务地面站。现在，李先生想要呼叫陈先生，而他们彼此都不知道对方的位置。

此时，李先生与陈先生的手机一开机，其位置信息就分别通过卫星登记在各自的本地服务地面站内（此处是西藏和巴黎地面站），然后，各本地服务地面站将与两人的归属地面站联系，确认二人是否有权使用服务，并将二人最新位置信息告诉归属地面站。

主叫（李先生），此时便可拨陈先生的电话号码，并经卫星送至西藏地面站。西藏地面站通过检测李先生拨的电话号码，知道陈先生的归属地面站是武汉站，于是就向武汉站发出请求，武汉地面站将对陈先生登录的数据进行核查，并将陈先生的位置通知西藏地面站，同时通过卫星电路对陈先生的手机振铃。这样一个呼叫即被接通。

“铱”系统是用来连续提供全球性的电信服务的，它能覆盖地球上除了北极和南极的所有地区。可以提供多种通信服务，其中基本的通信服务有如下 5 种。

1. 数字式话音通信。可以在手机与手机之间或手机与公用网的电话用户之间提供双向、高质量的数字式话音通信。

2. 全球寻呼联网。将来的数字式寻呼机大小和性能与现在的寻呼机相似，可以在全球任何地方通过卫星进行寻呼业务。

3. 传真。卫星移动传真设备有两种，一种是单独的移动传真设备，另一种是与移动电话配合使用的传真设备。

4. 数据通信。用于移动卫星通信的 2400 比特/秒的调制解调器已研制出来了，用户可以利用它通过低轨道卫星系统来传送数据。

5. 地理定位业务，移动通信终端，如手机等可通过此项业务自动报告所处的位置。

“铱”系统主要应用于地广人稀，地形复杂，不便于进行陆地通信的区域，或应用于灾害及紧急情况下的通信。按“铱”系统的开发计划，

到 1997 年，“铍”系统就可全面投入运行，那时，人们将又多了一种联系手段。

# 跨越空间——漫谈个人通信网

## 历史回顾

PCN 的概念是从现有的移动通信的基础上产生的。移动通信经历了模拟蜂窝移动通信，数字移动通信两个阶段。

模拟蜂窝移动通信是以微处理机和移动通信的结合为特征，以同频复用和全地域自动接入公用交换电话网为目标的通信形式。

1993 年，我国与美国摩托罗拉公司签定了一项利用我国的长征系列运载火箭帮助美国摩托罗拉公司发射近地通信卫星的协议，这些近地通信卫星是摩托罗拉公司“铱”系列卫星的一部分。这些“铱”系列卫星将在宇宙空间手拉手，围成一个圆圈，而处于这个圆圈中心的就是我们这个蔚蓝色的星球。那么，地球为什么要戴上这串项链呢？

长期以来，人们总怀着一个美好的愿望，那就是：将来能在任何地点、任何时间与这个星球上的任何人进行通信，这种通信包括话音通信、数据通信、图象通信以及所有可能的通信形式，这就是“个人通信”的概念。自 80 年代以来，通信技术的迅猛发展，特别是移动通信系统的发展，已逐渐使这个愿望成为可能。

认真考察现有的几种通信方式，只能说现有的通信系统只实现了终端到终端的通信，而不是个人到个人的通信。个人要进行通信还必须守候在通信终端旁边，否则将无法通信。

个人通信就是要真正实现通信到个人，无论这个人是在家中还是在边远山区，无论是在崇山峻岭中进行考察还是正乘坐在高速行进中的飞机或火车上，也无论现在是白天还是夜晚，只要使用“个人通信服务”，就能与世界上任何一个人进行联系。能提供这种通信服务的通信网就叫“个人通信网”PCN (Personal Communication Network)。人们对个人通信网应具备的功能和特点作了如下归纳。

1. 个人携带十分小巧轻便的手持机，可放在衬衣口袋内，能提供可与有线电话相比拟的话音质量。

2. 可随时随地进行通信。

3. 通信到个人。即以个人身份号进行呼叫和被叫，通信的连接对用户是透明的。

4. 能给用户提供语声、低速数据及其他多种业务，并能与综合业务数字网兼容。

5. 价格便宜，易于操作。充电后使用时间长。

个人通信网应具备如下性能：

1. 位置登记。当用户从一地移到另一地时，应在网络中登记他的新位置，在固定网中可利用磁卡或按钮拨号进行人工登记，在移动网中，通过无线话机自动登记。

2. 跟踪交换局。按用户登记的位置自动选路，这不同于目前的呼叫转移，因为它是从始发局开始处理的。

3. 号码转换。在个人通信中分配给用户的个人通信号码不同于目前的电话号码，它是一个逻辑号码，而不是标志用户实际网络地址的物理

号码，故必须将逻辑号码转换成物理号码。

4. 灵活计费。由于个人通信是根据个人通信号码向个人计费，而不是向终端计费，所以必须提供一定的灵活性。除了按通信距离、时间和业务类型进行计费外，还可按用户的不同角色进行计费。

5. 巨型数据库。个人通信的用户数是十分庞大的，为了跟踪用户，必须建有超大容量的数据库来随时存取用户的状态。

6. 安全性。必须可靠地识别验证主叫用户和被叫用户的合法性，还要向用户提供口令，确保用户安全地进入数据库。

7. 信令系统。通信的控制和管理、跨网连接、寻呼用户、出入数据库都需要有力的信令来支持。

8. 先进的处理能力。网络必须具备如秘书服务、留言服务之类先进的处理能力。

9. 无线接入。为了实现移动通信，网络必须具备无线接入的可能，通过无线传输进行位置登记、发出和接收呼叫。

以上简单介绍了 PCN 的概念，下面将就 PCN 的技术基础及发展状况做一介绍。

日本和瑞典等一些国家较早投入使用，蜂窝系统用户数量在短期内增加得非常迅速。随着用户数的不断增加，这种传统蜂窝系统的几个大缺点逐渐暴露出来，如频谱利用率低；话音质量不高；缺少安全通信的保障；不便与综合业务数字网互连等。这些缺点使得这种传统的模拟蜂窝移动通信系统渐渐不能适应现实应用的需要。因此，欧美一些国家的邮电主管部门研究了一种新的移动通信体制，这就是数字移动通信系统。

1982 年，欧洲邮电主管部门会议成立了“900 兆赫兹”频段公众移动通信网特别小组，即 GSM，1988 年公布了 GSM 标准，统一了泛欧数字移动通信系统，1991 年 GSM 系统正式投入商用，1993 年覆盖欧洲地区主要公路干线及覆盖拥有 4.08 亿人口的欧洲 18 个国家。

美国电子工业协会也在美国电报电话公司的配合下于 1989 年完成了北美数字蜂窝标准，即 D-AMPS 标准的制订工作。

1990 年日本推出数字蜂窝系统标准 D-NTT。

在欧、美、日着手实现移动通信由模拟方式向数字方式过渡的计划时，“PCN”的概念开始冲击世界通信领域，逐渐被认为是世界通信领域的“桃花源”。

## PCN 的结构模型

当代移动通信技术、通信网技术和交换技术、多媒体通信终端技术以及光通信技术的有机结合，产生了新一代通信系统 PCN，下面将进一步讨论 PCN 的结构模型。

PCN 的技术支柱有 3 个，一是数字无线入网技术；二是扩展频谱通信技术；三是以光纤为基础的智能通信网。

数字无线入网技术通过 GSM、D-AMPS 等系统的研究，各项关键技术均已解决。

扩展频谱通信技术目前引起人们最大兴趣的是码分多址（CDMA）技术。它除了拥有扩展频谱通信技术固有的一些优点外，如抗干扰性好，信息隐蔽，信息保密等，最大的优点是因为 CDMA 比现行的技术时分多址有更大的容量，可容纳更多的用户。

PCN 对未来发展的业务要求具有很大的灵活性，因此必须由新的网络结构来支持新业务，这种新的网络结构就是智能网。

智能网是从运行着的或已规划好的网络演变而成的，它的基本思想是改变传统的网络结构，在网络之间重新分配网络功能，把大部分的网络功能集中在少数节点上，各种用户业务可以由若干个基本功能单元组合而成。智能网简化了交换机的功能和软件，一旦用户需要增加新业务或改变业务种类，只要重新组配功能单元，不需要改造交换机，因而可大大节省时间和费用。智能网采用开放式结构和标准接口，能很方便地引入诸如语言合成、语音识别、人工智能、神经网络等新技术，配有共路信令系统和智能化的数据库，使网络资源动态分配，可与综合业务数字网相结合，构成智能的综合业务数字网。

对于功能单元组合，举例如图 39 所示。

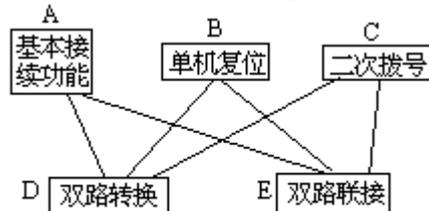


图39

假设某种交换机有如上五种功能模块能提供给网络，其中，功能块 A + B + C + D 的组合可以实现用户的“呼叫等待”功能，如果将 D 换成 E，即 A + B + C + E，则能实现“三方通话”功能，两个不同的功能有三个模块是共同的，这样可方便地增加新业务种类。

PCN 除了上面所说的三大技术支柱外，还有一种技术的实现也是很重要的，那就是个人移动性与终端移动性相结合的智能终端及标识个人号码的多功能手机。基于个人移动性，每个人至少有一个逻辑号码，网络根据个人号码定位转换成物理链路进行话路连接。个人号码的定位是由手机实现的，若需要信息传输，则可启用手机上的接口（例如微机或计算机网络终端的接口）用微机或终端进行通信，同时也可利用网络资源与 PCN 通信，亦可采用便携式终端或任何微机，通过与手机的接口进入 PCN 传输数据。

## PCN 的分层结构

为了清楚地表示 PCN，我们采用分层的观点来解释 PCN。

|      |                 |
|------|-----------------|
| 业务模型 | ...高层业务接入       |
| 网络业务 | ...智能网业务控制      |
| 交换   | ... PCN 本地、长途交换 |
| 传输   | ...无线基站、有线传输    |
| 人机接口 | ...人机接口         |

PCN 一共可分为 5 层，即人机接口层、传输层、交换层、网络业务层、业务模型层以及一个存在于各层之中的管理功能。下面分别简单解释各层的功能。

### 人机接口层

这一层是人机相互作用层，人与网络相互作用，取得网络的各种业务。人机接口之一手机，人通过手机可以接收和发出信息，亦可通过手机实现多种业务；之二是智能终端，用户可通过支援软件与网络进行对话，协商业务或数据类型；之三是一个身份识别卡，可以独立于手机之外，亦可与手机合一，用来使网络正确定位。

### 传输层

进入手机或智能终端的呼叫首先是通过无线接口进入基站，然后在基站控制器的控制之下实现传输，进入 PCN 交换机。这部分可以是有线传输，也可以是无线传输（实行微波互连）。有线和无线两种接入方式都应支持智能网和综合业务数字网的业务传输。

### 交换层

这一层负责所有的基本业务交换功能。PCN 若单独建网，亦包括本局交换、本区交换、长途交换。

这一层同时还包括各种交换业务，如综合业务数字网的特种服务，以及通过业务交换点 SSP 的功能接入到智能网的业务。如 800 号业务以及普通的程控交换业务。

### 网络业务层

本层提供以网络为基础的业务，即智能网业务。这一层提供智能网业务的例子包括虚拟专用网业务、个人号码业务、信用卡呼叫业务等。

本层还包括一部分的业务管理功能，包括业务的提供、配置、监视和按具体要求设定的管理接口以及一些控制接口。

### 网络管理功能

网络管理功能存在于各层的功能之中。现代通信网络包括专用于许多不同网路功能的许多单个网管系统，如传输设施、交换设施、智能网等。

## 现存的无线系统及发展趋势

本节将由简单到复杂地介绍世界上目前存在的无线系统及其发展趋势。

1. CT1。CT1 是第一代无绳电话，是简单的模拟制家庭用无绳电话，俗称子母机。

2. CT2。CT2 是第二代无绳电话，是 CT1 的扩充，是一种低成本的全数字系统，采用频分多址的方案。由于不具备位置管理功能，即网络不能对用户定位，因而只能向外呼出，而不能接收呼叫。CT2 的网络结构如图 40 和图 41 所示。

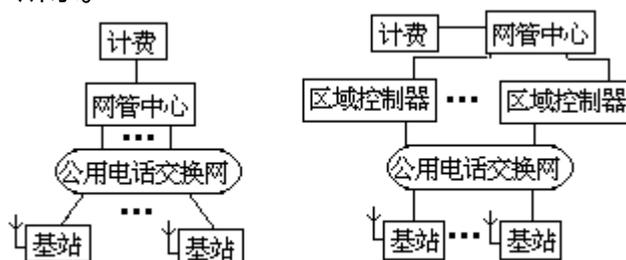


图40 CT2 中小规模系统

图41 CT2大规模系统

3. CT2+。CT2+是增强型的 CT2 系统，是加拿大北方电讯公司的产品，增加了对用户定位的功能，自动登记用户位置，因此 CT2+可以接收呼叫。

4. CT3。CT3 系统是瑞典爱立信公司及瑞典邮电部开发的高级无绳电话系统，是一种适用于微小区的数字无绳电话系统。主要的应用目标是办公大楼，采用动态的信道分配，具有越区切换和漫游功能，因此可自动接收来话。CT3 系统由三部分组成：无线交换机、基站和手机。无线交换机是系统的中央控制部分，可接入公用电话交换网或小交换机，每个无线交换机联若干个机站，每个基站覆盖一个微小区，如图 42 所示。

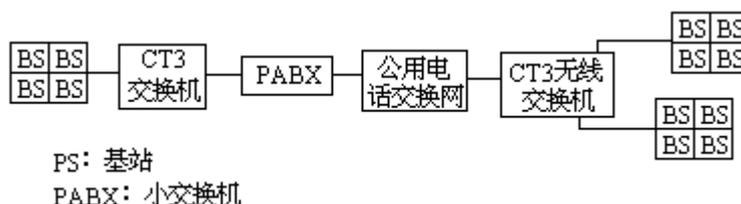


图42

5. DECT (欧洲数字无绳电话)。DECT 能够与公用电话交换网或计算机局域网接口，支持综合业务数字网的功能，另外还具有一些更先进的功能如快速信道切换和更先进的信令。

DECT 采用 DCA，手持机总是按照可用的信道质量来选择业务信道。DCA 也提供了在小区之间进行快速信道切换的手段，无需 DECT 网固定部分的介入。DECT 的这些特征与大楼内的微小区相结合，使 DECT 具有非常大的容量（最高可达每层楼面每平方公里每小时接收 6000 个呼叫）。

6. GSM。GSM 是欧洲制订的泛欧数字蜂窝移动通信系统，GSM 在主要的网络节点之间规定了若干开放的接口，提供了丰富的业务功能，如图 43 所示。

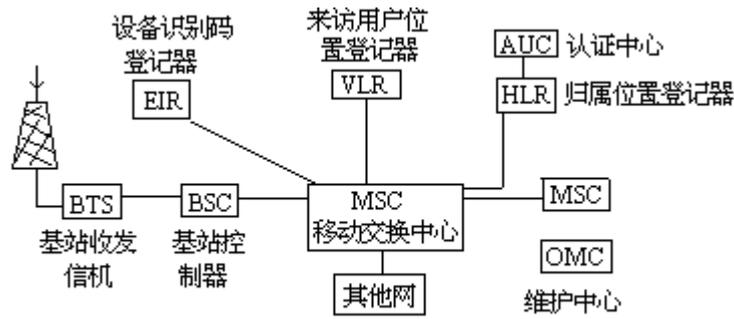


图43

其中：

BTS 和 BSC 组成基站子系统。BSC 实时控制和管理几个基站：控制低层的蜂窝系统，使移动交换中心的网络操作得以实现。

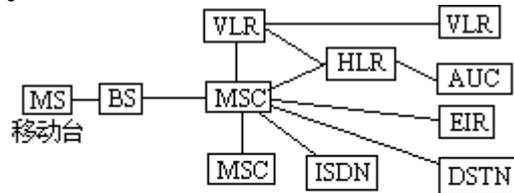
归属位置寄存器 HLR 则提供中心信息库，包含用户信息，以便网络进行路由选择和呼叫管理。HLR 中亦存贮每个用户的业务级别，规定了特定用户应取得的特定业务。GSM 的一个特别特征是进入网络的用户靠一个叫“用户识别卡” SIMCard 的智能卡来标识自己的身份。HLR 最重要的特征是管理网内用户的移动功能，且实时更新包含任何网内用户业务数据和用户级别的信息。

设备识别寄存器 EIR (Equipment Identify Register) 为用户提供最新，最有效的识别。因为用户进入网内是经过严密的确认过程来控制的。

认证中心 AUC (Authentication Center) 检查 SIMsmartcard 的有效性。

来访用户寄存器 VLR (Visitor Location Register) 存贮来自其他 MSC 覆盖下的用户而暂时进入本 MSC 区域内用户的信息。这些位置包括详尽的位置数据，与本区内的一组基站相关连，也就是到达本区的来访用户只能在这组基站内才能进行操作。

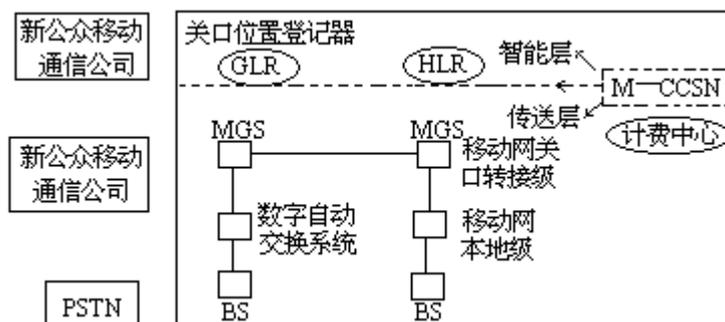
7. ADC (美国数字蜂窝系统)。ADC 是美国蜂窝电信工业协会设计的双模式数字蜂窝系统，移动台既可以工作于模拟话音信道，又可以工作于数字话音信道。数字技术的第一阶段是使用目前的模拟控制信道，随后为引入数字控制信道为单一数字模式的移动台作好准备。ADC 也采用移动台辅助信道越区切换，与 GSM 系统相比，ADC 移动台不需要提取基站识别码，采用传统的信道切换方法，只考虑有关的业务信道信息。ADC 网络结构如图 44 所示。



ISDN: 综合业务数字网  
PSTN: 公用电话交换网

图44 ADC网络结构

8. JDC (日本数字蜂窝系统)。JDC 系统在空中接口方便与 ADC 系统相似。网络结构如图 45 所示。



9. DCS1800。DCS1800 是英国 1991 年提出的 PCN 标准。DCS1800 是以 GSM 为基础的，GSM 能最好地满足 PCN 的要求，同时作必要的改进，以满足新标准的 DCS1800。

DCS1800 频率范围在 1710 ~ 1800 兆赫兹（这也是 DCS1800 得名的由来），包括每一段为 75 兆赫兹的两段频率范围，两段的间隔为 20 兆赫兹，以便双工工作。

DCS1800 对 GSM 改进之一是实现国内漫游。许多公司的网络一起覆盖全国，手持机进入哪个网便可得到哪个网的支持，从哪个网获取服务。但本网的手机从邻近的网自本网漫游而处于两个网的边缘之时，强制手机接受本网的业务，重叠区是运营公司根据‘定位区’来规定的。

DCS1800 的网络设计方法和实现决定其提供的业务质量和范围以及网路成本。为使空中接口——业务集中器不致于发生阻塞，利用无线网络设计方法以使得容量和频谱效率最佳化而且不影响通信质量，办法之一就是：把位于业务高峰区的一层微小区叠加在一层宏小区上的分层等级结构可以显著地提高业务容易。微小区可使 PCN 增大容量，使静止的或慢速移动的手持机接入微小区，而使快速移动的手持机接入宏小区。这样不仅使得射频和载频在很短的距离即可以复用，又采用这种简单的机制把大多数高速移动的手机与慢速移动的手机区分开来。

DCS1800 为降低网路成本，两家运营公司共用共同物理设施的概念向前发展了一步。开发了平行网结构的新技术，这是一种利用分布于网络的高级智能把共同的物理网分割成逻辑信道的设计方法。这样平行网结构利用共同基础设施的各组成部分，每个运营公司管理自己的业务。

## 世界 PCN 发展趋势

发展个人通信网，国际上已提出许多发展计划，有的国家完成了相关的技术实验。典型的有英国的双向 PCN (DCS1800)，日本的先进个人通信系统 (APCS)，美国的全能数字便携式无线通信 (UDPRC) 系统，扩频码分个人通信网 (CDMA-PCN)、美国摩托罗拉公司的全球个人移动通信系统 (“铱”系统)，俄罗斯 COSCON 公司的全球通信、定位、对地观测综合卫星系统 (R-C 卫星系统) 等。

目前国际上发展 PCN 有四种趋势：一是在数字蜂窝移动通信系统上发展个人通信网，利用已有的数字蜂窝移动通信形态和系统技术实现个人通信网，能适应快速移动用户的要求，系统功能齐全，但是技术比较复杂。例如美国的 UDPRC, CDMA-PCN；二是在无绳电话系统的基础上发展 PCN。继英国推出 CT1 之后，CT2、CT2+、CT3 相继出现，又发展为欧洲的 DECT 系统和美国的 CDMA 无绳电话系统。这类系统发展成的个人通信网的初期模型，系统功能简练，技术难度不大，但只适合慢速运动的移动用户；三是室内无线局部网进一步发展成个人通信，它是以数据业务为基础，进一步考虑加入话音业务，从室内扩展到室外，从固定用户扩展到移动用户，包含语言数据在内，在此基础上，加上越区切换和位置登录，即可形成个人通信网；四是利用移动卫星通信技术建立低轨道全球个人移动卫星通信系统。它利用低轨道卫星作为个人通信的基站和中继转发器，覆盖面大，不借助地面的任何网路设施，对边远山区和野外作业十分有效。

我国移动通信 80 年代完全是依赖进口，直至 80 年代末期，社会对移动通信的需求明显上升，由于我国没有掌握相关技术，组网所需的设备只能从国外购买，远远不能满足市场需要。为迅速改变落后局面，我国应自行研究、掌握相关技术，移动通信高技术研究应明确以第三代移动系统，即 PCN 为目标，解决关键技术，构成实验体系，带动通信产业发展。

由于我国人口多，电话普及率低，而发展 PCN 正是解决这一问题最有效的办法。

## 信息娱乐——漫谈宽带通信网

长久以来，人们对通信的理解仅仅局限于通信的双方进行话音通信或是数据文件的传输。为了达到这种要求，人们相继设计并实现了电话通信网、数据通信网，甚至是卫星通信网，移动通信网等等。为了将这么多各种各样的网络综合起来，成为一个能提供多种服务的、统一的通信网，人们又实现了综合业务数字网。所有以上的各种网络都仅局限于传送声音、低速的数据或是图片等信息，统称为窄带通信网。这个“窄带”是什么意思呢？我们知道，普通说话声音的频率一般在 4000 赫兹以下，所以进行电话通信的电话网只要能传送 4000 赫兹以下的信号即可提供话音传输的服务。基于这个原因，许多老式的模拟制交换机只允许 4000 赫兹以下的信号通过，高于 4000 赫兹的信号将被截掉，这样做的目的显然是为了节约成本。因为要允许高频的信号通过，交换机的成本将大大增加，而大于 4000 赫兹的高频信号对说话的声音并无明显的改善。在交换机实行数字化以后，因为同样的原因，数字式交换机对每个用户来说最高的通信速率为 64000 比特/秒（64000 比特/秒可通过 4000 赫兹换算而得）。所以，通过电话网进行声音或数据传输，其单一用户的最高速率不会超过 64000 比特/秒。

在电话网之后陆续建立起来的数据通信网，甚至是综合业务数字网，为了适应社会越来越迫切的通信要求进行了一系列技术上的改造，使单一用户的最高通信速率可以达到 2 兆比特/秒，即每秒可传送二百万个二进制信息“0”或“1”。2 兆比特/秒是一个什么概念呢？如果是传送汉字的话，2 兆比特/秒意味着 1 秒钟之内可以传送几乎一百万个汉字。这个结果在过去应该很让人志得意满了，如此高的传输速率对人们日常的应用似乎已绰绰有余了。

可是，世界上的任何事物都不会停滞不前，运动变化和发展是世界上每一事物都必须遵从的必然规律。没有了发展，也就意味着世界的死亡。因此，人们在满足了日常工作、生活的通信要求以后，开始向更高的领域迈进，这就是利用交换网络传送活动图象，包括电影、录象、资料片、电子游戏等等。要传送这些活动图象至少需要 10 兆比特/秒，即每秒钟传送 1 千万个二进制信息的传输能力才行。这个要求是现有通信网力所不能及的。要达到这个目的，就必须对现有的通信网进行彻底的改造，重建一个高速的通信网。为了区分现在的通信网与高速通信网，我们称那些只能传送 64 千比特/秒或 2 兆比特/秒数据的通信网为“窄带通信网”，而把那些不仅能传递低速的窄带信息，还能传递高速信息的通信网称之为“宽带通信网”。

宽带通信网是下一代的通信网，世界各国都在进行这方面的研究工作，有的甚至已推出了实用化的产品。美国克林顿政府上台后，提出了建设信息高速公路的大胆构想。克林顿政府认为，能否在信息技术和信息服务网络方面占据世界领先地位，是关系到美国企业和产业在世界市场上是否具有竞争能力的关键所在。实际上，建设信息高速公路，已成为美国国家战略的重要组成部分。如果说，里根政府提出的“星球大战”计划是为了维护美国军事力量在全球的霸主地位，那么克林顿政府提出的信息高速公路计划正是维护和巩固美国在经济方面的世界领先地位。

信息高速公路的计划一经提出，宽带通信网立刻成为研究的热点，因为宽带通信网就是信息高速公路的基础结构。而作为宽带通信网核心技术的异步转移模式（ATM）的研究更成为热点中的热点。

## ATM 的神话

光纤传输技术是宽带通信网的基础。宽带通信网中，不论是交换节点之间的中继线还是用户与交换机之间的用户线，全部采用光纤连接，传输速率从 150 兆比特 / 秒到几吉比特 / 秒（1 吉相当于 1 亿）。宽带通信网的技术关键就是适合不同业务特点的高速信息传输和交换，为此科学家们提出了利用 ATM 技术来实现宽带通信网的方法。

ATM 有以下特点：

1. 在我们以前提到过的 7 层通信协议中，其交换机一般都要完成第一层到第三层的功能。而在 ATM 中，交换机只完成第一层的功能，第二三层的功能留给用户使用的通信终端去做。这样做的原因是由于采用了光纤传输技术，传输中发生差错的可能性很小，用户的通信终端完全有能力完成第二三层的工作。这样做的结果是交换机的软件设计大大地简化了，交换的速度也相应大大提高了。

2. ATM 以类似电话交换的面向连接方式工作。在终端向网络传送信息之前，必须先提出呼叫请求，网络保留必要的资源，为此次通信的双方建立连接，信息传送完毕之后，还需释放这些资源，拆除用户之间的连接。这样做的目的是为了提供高质量的服务，降低出错概率。

3. ATM 网将用户传送的信息，无论是话音、数据还是图象，全部打成一个一个的信元，每个信元的长度是 424 比特，其中 40 个比特的信头用于传送控制信息，剩下的 384 比特用于传送用户信息。这样将用户信息分成许多个很小的信元保证了 ATM 系统的灵活性，既不会因为信元分得太细而影响交换效率，也不会因为信元分得太大，造成信元中有许多空白而浪费网络资源。

4. ATM 信元的信头功能十分简单，主要功能是标识该信元从何处来，到何处去。一个信元的交换过程实质上就是交换节点读出信头中的信息，再将此信元送到它该去的地方的一个过程。由于信头的功能简单，信头处理速度很快，处理所花费的时间很小，完全可以跟得上光纤传输的速率。

由于 ATM 具有以上各方面的优点，使它的信息丢失率小于  $10^{-8} \sim 10^{-12}$ ，即每传送数亿个信元，才有可能丢失一个信元；用户到用户的时间小于 24 毫秒。和其他任何的传送方式相比，ATM 都技高一筹。因此，我们说 ATM 是未来宽带的理想方式。

以 ATM 方式可以向用户提供多种多样的服务，在娱乐方面有电视广播，录象带租赁播放，其收费大致与有线电视的收费相当。最通常为大众讨论的有点播电视服务（VOD），消费者可以根据自己的需要向网络提供节目或剧名以及开始放象的时间，网络到时将从自己的数据库中调出用户需要的节目，传到用户家中。在购物方面，通过宽带网络进行购物将涉及一系列业务，包括给消费者看广告或目录信息和购买方法，消费者足不出户就可以通过宽带网选购自己喜欢的商品。在广告业方面，商家可以将自己的广告、图片或图象，存于宽带网的数据库中，向广大的消费者播放。在游戏方面，可以将消费者电视游戏装入专用的游戏设备或多媒体个人电脑，实时播放新型的游戏包括活动电视和三维图形，进行地理位置分散的多人游戏，使游戏者能与其他参加游戏的人进行比赛

或进行合作。在教育方面，可提供分散的教室，实时的会议电视将实际上分散的学生与老师联系起来。基于计算机的教授——交互式多媒体课程引导学生通过一系列学习活动，多媒体的电子书籍给消费者提供帮助。在信息业务方面有经济信息与分析、国际新闻报道、国内和国际天气信息、体育报道等。在银行业务方面有在家办理银行业务和付帐单，预定和购票等旅行业务，远程医护监视、告警和个人安全业务等。在通信和信息传送方面有电子信箱、可视电话、会议电视等。

宽带网能提供的服务真是太多了，它几乎囊括了人的视觉、听觉所能得到的各种信息。面对宽带网这一宏伟而又诱人的目标，世界各国都在努力工作。我国为将来的宽带网的实现也进行了大量的准备工作，其中最引人注目的就是“三金”工程。

“三金”工程，包括“金桥”、“金关”、“金卡”三大工程，是加速我国国民经济信息化的重大举措。

“金桥”工程是以卫星、通信电缆、光缆微波等多种传输手段实现全国和跨国的计算机联网，建立起国家公用信息平台，为国家对国民经济进行宏观统计和调控，为国民经济各部门和国民生活各方面的信息交换与共享提供一条“准高速国道”。

“金关”工程即国家经济贸易信息网工程，其含义可以延伸到用计算机对整个国家的“物流”实施高效管理，通过实现海关、经贸、金融、外汇管理和税务等部门的联网，将使海关进出口贸易结汇和退税计算机化，并通过 EDI 通信实现国际通行的无级贸易。

“金卡”工程狭义上是指电子货币工程，随着智能卡的逐步推广，其含义可以延伸到公民持有现代信息社会“入场券”中。“金卡”将成为个人与社会交往的全面证明，如个人身份、经历、储蓄凭证、犯罪记录等。

可以看出，“三金”工程是我国重视发展信息产业，建设自己宽带网的一个重要步骤，它必将对我国的现代化事业产生深远的影响。

## 生于 2010 年

娱乐与信息业务将是宽带通信网首批提供给用户的服务之一。这些服务建立在多媒体技术、虚拟现实技术及交互网络技术的基础上。假设你生于 2010 年，你将如何面对一个由宽带通信网连在一起的世界呢？好在我们不需要太多的幻想，在美国风光绮丽的南部旅游城市佛罗里达州奥兰多市，已经有了一个现代信息娱乐中心，向广大的游客展示什么是未来的信息娱乐。此外，奥兰多还是美国克林顿政府信息高速公路计划的一个实验基地。华纳时代电缆公司准备使奥兰多市的威克瓦、斯威特瓦特、伯朗特列湖、斯伯林湖等地区的用户通过有线电视电缆接入一个宽带的交互网络。到 1994 年底，可望有 4000 个有线用户进入该公司所称的全方位服务网。

好吧，那就让我们去一趟奥兰多，看看什么是宽带网的全方位服务。

这是一个居住在奥兰多市郊的普通五口之家，时间是 2010 年的某个周末。

上午 10 点，女主人打算采购一些日用品，她打开连在宽带网上的高清晰度电视，进入这个网络，选择购物走廊这一项，顿时各大商场的本周商品报价及特价商品一一显示在屏幕上，有图片，有文字说明，也有现场录象。女主人在这电视购物走廊中浏览，随时通过遥控器发出订货信息，在所有订货完成之后，只需再输入一串银行授权密码，付费即告完成。

中午，汤米玩了一场电子游戏，对手是他的小伙伴比尔。虽然两人距离有几十公里远，但这丝毫不妨碍他与比尔进行的战斗，因为在汤米和比尔的家中，精采的三维游戏画面完全是同步的，而且汤米通过电视屏幕上的一个小画面还能看见比尔的画面。战斗结束了，汤米大获全胜，望着画面上比尔垂头丧气的样子，汤米心中当然是万分得意。而这时，汤米的妹妹安妮又在干吗呢？

安妮这时正坐在另一个电视机旁，从网络中点播了卡通片“灰姑娘”，她正在为灰姑娘的不幸遭遇而黯然泪下。最后灰姑娘和王子终于幸福地生活在一起，安妮真为他们高兴。于是她打开系统的触摸式屏幕，并通过触摸屏上的不同菜单操作选择，自己制作卡通片。她让灰姑娘与王子作周游世界的探险，途中遇上了许多神奇的人物——这些人物可都是安妮自己创造的。她将创造的卡通片存在网络的数据库中，也许这部片子会为她赢得学校的卡通片制作比赛的桂冠呢。

下午 2 点，男主人正在撰写的书遇上一点麻烦，他需要 30 年来美国经济情况的资料，于是他通过多媒体终端从美国国会图书馆调来了相关资料。这些资料不仅有文字，还有图表，当时的重大事件录象片，还配有解说。有了这份资料，男主人的书也就可以一气呵成了。当然，这一切均是在男主人的书房中完成的。

下午 4 点，佛罗里达州立大学的高材生南希参加了每周一次的高等代数研讨会，她看着屏幕，屏幕上有她的老师以及同学，大家各抒己见，讨论异常热烈，南希不时用手中的电子笔在一块不大的白板上写着各种各样的算式，这些算式立刻反映到了屏幕上，得到了老师和同学们的频频认同。南希在做这一切的时候，一直是靠坐在自家的沙发上。

晚上 7 点，全家聚在一起，点了一份意大利馅饼，一边又点播了一个当年奥斯卡最佳故事片。看来这顿晚餐已相当丰富了。

上述周末的一天虽然实现起来还有一定技术上的困难，但是幻想的成分已少到不能再少的地步了。华纳时代电缆公司列出的一项服务清单可以证明这一点，华纳目前提供的服务有：

- 改进的模拟有线电视；
- 点播电视。这种服务可迅速地向每个用户提供他所需的活动图象和其他用数字方式存贮的电视节目。在节目进行中，用户可以快进快退、重放、暂停等；
- 电子游戏。用户可以从系统的中央数字存贮器中调出游戏与网络中的其他用户一起玩。这些操作只需一个遥控器即可进行，不需要专门的游戏机；
- 交互图象购物。这种服务使用户仿佛置身于真正的商店，甚至可以通过遥控器将画面上商品的包装袋翻个面，看看背面的配料及使用说明；
- 远程教育。通过交互的授课，使处于分散地域的教师和学生能在一起学习交流；
- 图书馆服务；
- 银行及金融服务；
- 驾驶执照的更新与注册；
- 医疗图象服务；

.....

所有的这些服务，据华纳时代称，用户只需得到一个新型而灵巧的电缆连接盒，一个简易遥控器，一台能将电视信息打印出来的彩色打印机，用户便可享受了。

对用户来说，这个全方位服务网需花费多少呢？华纳时代公司对价格避而不谈，只是说：“本公司用户原来享有的服务依旧不变，新近加入全方位服务网的用户无需为新添的特种设备而付钱，用户所需支付的费用只是他们享受服务，如电影或录象片所应交的服务费。”而且此项服务费与到录象店中去租录象带的价格大体相当。

熟悉奥兰多的人可能知道，奥兰多有一个人间奇迹，那就是迪斯尼乐园。它每天吸引着成千上万的游客，而现在迪斯尼乐园中又多了一处景观，这就是明日社会实验模型（EPCOT），它是信息高速公路应用的一个演示场所。

游客乘简朴的交通工具进入这十七层的巨大球形建筑中，步入其中，游客会很快忘记周围的真实环境，除了演示屏上的亮光以外，一片漆黑，仿佛进入一个无时间无运动的空间，只有演示屏上的一幕幕在你眼前掠过。

一层是一个人类通信发展的多媒体演示。逼真的画面中，原始人在活动，画外音娓娓道出火的发现，原始人洞壁上早期的书写符号，埃及草纸古写本的发现和使用，古希腊、古罗马语言的产生，以及欧洲中世纪技术与通信的衰落，接着是文艺复兴到来了，哥德堡印刷术诞生了，早期的报纸、收音机以及电视中播放着古老和现代的电影与节目.....。

二层是“生命之海”，它实际上是一个海底实验室仿真。游人乘车

进入展厅，就仿佛进入一个大水池一样，之后电梯载着游人沉入海底实验室（实际上，电梯并没有开动，但游人的感觉却是真实的）。到了实验室，船长首先欢迎人们的到来，并一一介绍了实验室的设施，游人在海底尽情游览，感受着大海的神秘与广阔。游人从海底出来，将见到下面的国家景区。

EPCOT 中有 11 个国家的景区，包括英格兰、法兰西、德意志、中国、日本等。那里每个国家有不同的风景、服饰、语言，游人不觉融入其中。

英格兰是一个特德式的村庄，那里有邻街的商店和街头艺人的表演；而法国被刻划成一个带喷泉的沙龙剧院，那里正放映着法国乡村、凡尔赛宫、巴黎圣母院的全景风光片；在摩洛哥，街头乐师和当地舞蹈家在商店门口招揽游人去买东方地毯、金银器、铜器和其他珍宝。一个古老的水轮灌溉系统正向与 EPCOT 中心湖相连的井内灌水……。

提供上述经历与感受的关键是多媒体技术。这里的每个场景展示都使游人专注于图象和情景中，使人运用一切感官去感受事物。

而 EPCOT 中的一切都是在一个结合计算机通信技术与图象处理技术的控制中心控制下完成的，连接在控制中心与各场景之间的就是一个宽带通信网。

总之，这里的所有展览都能把游人带入那曾经存在过或是现实中的情景和风俗文化中，EPCOT 中心场景的营造自然投入了大量的时间与人力、物力、财力，因此，游人需要买票游览。未来，信息高速公路可将这些场景和风俗文化信息通过全球网络传送给世界各地的用户，使他们呆在家中就可以以同样的感受去游览这一切。

从 EPCOT 出来，你是否觉得亦幻亦真，那好，我们就用刻在佛罗里达美国航天中心的大门上的一句话来结束本章，那就是：为了将来，实现梦想。

## 通信高速公路——漫谈光通信

光通信的历史可以追溯到数千年前，古代烽火台即是运用光进行通信的例子。后来欧洲人发明了扬旗通信方式，用旗语来传送信息。当时，从巴黎到土伦的 760 公里路程上，设立了 120 个中继站，全程传达旗语所要的时间为 10~20 分钟，比当时任何交通工具都快得多，一直到莫尔斯 1835 年发明了电报以后，这种光通信方式才慢慢退出历史舞台，这一段历史时期是光通信的原始阶段，也称之为“目视光通信”。

第二个阶段是初始的光电传输，发明电话机的美国学者亚历山大·格雷厄姆·贝尔在 1880 年进行了光电话实验。如图 46 所示，太阳光或强光光源发出的光被第一面镜子（反射镜）反射，通过透镜 1 后聚光到第二面镜子上，人的嘴对准橡胶管前面的送话口，一发出声音，对面的第二面镜子（振动镜）就振动而发生形变。因此，引起光的反射系数发生变化，从而使光受到调制。这种已调制的反射光通过透镜 2 变成平行光束向右边射出，在接收端由抛物面形的镜子把光会聚到焦点上，焦点上放有一硒管，硒的电阻随光的强弱而变化，从而改变了跟电池相连的电路的电流，受话器就能再生出声音。

在这次实验中，使用太阳光最远能跟相距 213 米处的人通话。后来用弧光灯代替太阳光进行了实验，虽然通信距离延长了，但还只限于几公里。所以，在贝尔的光电实验以后很长一段时间，光通信技术只是在军队中有少量应用，并未真正普及。这是因为，首先没有合适的光源，自然光不具备无线电波那样的频率单一，方向性强的优点。一般人都有经验，即使是方向性较强的探照灯光，经过一段距离后，光线就散开了，不再按一条直线传输；其次，光波在大气层中的传输受气候的影响很大，遇上雨、雾、雪等天气，光在大气中的传输将受严重影响，传输的距离很短。

由于以上两个原因，光通信自从贝尔实验之后一直没有太大进展。但是以光进行通信仍是通信科学家孜孜以求的，尤其是物理学家麦克斯韦尔揭示光的本质乃是一种频率很高（ $10^{14}$  赫兹）的电磁波之后，根据通信理论，通信容量与电磁波频率成正比例增大，无线电微波通信的频率一般为  $10^{10}$  赫兹左右，而光波的频率比微波的频率大 1 万倍，相应地，光通信容量也要比微波通信的容量大 1 万倍，如果说微波通信只能传 100 路电话的话，光通信则可传输  $100 \times 10000 = 1000000$  路电话，这是一个何等诱人的目标呀！虽然，光通信仍存在很大困难，但是，总有许多不畏困难的人在为征服这片处女地而艰苦奋斗。

时间前进到本世纪 60 年代，转机出现了。首先是激光的出现解决了上述两个问题中的光源问题。激光是基于原子、分子内能变化制造出的光波振荡器，它的振荡原理完全不同于一般无线电波振荡器。它产生频率单一的光波，这种光波可以类似无线电波那样受人工控制。1960 年，第一台红宝石激光器诞生，以后气体激光器和半导体激光器都被陆续制造出来了，激光器进入了实用阶段。由于光通信的光源问题得到了解决，更大地激发了

想利用光进行通信的人们的士气。只要再解决了光的传输受气候影响的问题，光通信就可以实现了。说到这，有必要提到一位英国华裔科

学家高锟（现任香港中文大学校长），在 1966 年，从理论上论证了光导纤维作为光波传输手段的可能性，被尊称为“现代光通信之父”。数年后，美国研制出了第一根可实用的光纤，证实了高锟的预言。所谓光纤，就像电线是电走的线路一样，光纤是光走的线路，有了光纤，光的传输不再在大气层中进行，而是在光纤中进行传输。这样，影响光通信的第二个问题——气候问题也得到了解决。因此，从本世纪 70 年代开始，光通信在世界上掀起了一阵热潮，1976 年日本的茨城研究所研制出了每公里损耗只有 0.2 分贝的光纤，接近了光纤损耗的理论极限。

## 神奇的光纤

光纤是像头发丝那么粗细的玻璃纤维，它由两种不同的玻璃组成，其中一种玻璃构成中心部分的纤芯，另一种玻璃包裹在这个纤芯外面，构成一个包层。纤芯的直径约为 5 ~ 10 微米，光纤外径约为 100 ~ 300 微米（1 微米等于千分之一毫米）。

光是如何在这细小的光纤中传输的呢？要回答这个问题必须谈谈光的全反射现象。

当光从折射率高的介质向折射率低的介质行进时，折射光的前进方向将向靠近界面一侧偏转。因此，若加大入射角，使入射角大于某临界角时，折射光将完全消失，入射光在界面处全部被反射，这种现象叫光的“全反射”现象。

关于光的全反射现象，是光从高折射率介质向低折射率介质入射时才能发生的一种现象。光从低折射率的介质向高折射率的介质入射时，绝不会发生全反射的。

我们知道，光纤由纤芯和包层两层玻璃物质构成，纤芯的折射率一般在 1.463 ~ 1.467 之间，而包层的折射率是在 1.45 ~ 1.46 之间，也就是说纤芯的折射率比包层的折射率稍大一些。所以当纤芯内的光线入射到包层界面时，只要其入射角大于某个临界值，就会在纤芯内发生全反射，没有光漏射到包层中，光将在纤芯中不断地反射传播下去。

为了用光传送声音，首先要像在普通电话通信中那样，先把声音信号（声音的强弱）变为电信号（电压或电流的强弱），然后将此信号不失真地进行传送。然而在光通信中，还要将这个电信号再变换成光信号（光的强弱），并使用光纤作为传输媒质将这个光信号传送到远方。在光纤传输的接收端则把这个光信号先转变成电信号，然后再将电信号还原成声音信号，这样就实现了通话。

将电信号转换成光信号的器件即为发光器件。光纤通信中使用的发光器件有发光二极管 LED 和半导体激光二极管 LD。把光信号转变成电信号的器件称之为光电检测器件。光纤通信中使用的半导体光电检测器有 PIN 光电二极管和雪崩光电二极管 APD。

## 信息社会之光

如果说本世纪 40 年代诞生于战火中的两项创举：原子弹和计算机，深刻地影响了人类文明的进展，使人类社会离开了工业化社会而叩响了信息化社会的大门的话，那么在技术大发展的 70 年代产生的另两项创举：激光与光通信则是从这大门外向里射进的两束强光，它照亮了人们前进的方向，使得原来还混混沌沌的未来信息社会一下变得豁然开朗了，许多高瞻远瞩之士从心底发出一阵欢呼：就是它，这束未来信息社会之光。

在信息社会中，光通信具有强大的生命力，生活中最基本的事情无外乎信息的产生、传送和处理，一旦人们掌握了强大的信息的产生、传送和处理技术，很好地开发和利用信息资源，那么，生产效率将得到空前的提高，人类社会也会因此乘上发展的快车。

当信息技术的其他两个方面即产生和处理还停留在利用频率为  $10^{10}$  赫兹以下的电磁波的时候，信息的传送技术却率先挺进到利用  $10^{14}$  赫兹以上电磁波即光波的阶段。光纤作为一种能处理大容量信息传递的线性结构，我们要用它作为信息高速公路系统的建筑基石，帮助我们管理好能源、运输和通信，提供保健设施和公共服务，加强国防，发展工商业，并为人们的娱乐和教育提供资料。光通信肯定会找到数以千万计的应用，在人类社会中无时无处不起重要作用。下面我们将从几个方面谈谈光纤系统在社会变革中的作用。

在能量资源方面，直到 21 世纪，在热核聚变被人类控制住以前，地球上现存的有用的能源如石油、煤、天然气等都将消耗殆尽，其结果必将是能源价格的不断上涨，这种形势逼迫我们去重新考虑能源的产生及使用方式，例如太阳能、聚变能、裂变能等等。正如工业化社会中电能成为维持这个社会系统运行的血液，电线成为支撑这个社会系统的血管一样，在未来的信息化社会的变革之中，光能将成为维持这个社会的又一支柱，而光纤系统也将成为新一代的能量传递系统。光纤系统的不怕电磁波干扰、极小的传输衰耗等特点将使人们对能源的利用迈上一个新的台阶。

在通信方面，光纤系统的引入，将使通信网络发生巨大的变化，目前光通信设备如 SDH、SONET 等的应用，已使这种变化初露端倪。由于光纤的低损耗传输特性和宽频带容量，使得信号很少用或者根本不用中继放大器而可作长距离传输。也就是说，与应用别的系统相比，光通信系统能用更短的时间传送更多的信息。这就意味着它能以更低廉的价格提供更多的服务。

以铜线作为传输线的电话网，已经为我们提供了非常有价值的通信网。用声音直接通过电话联络的方式已经使办事效率大为提高，它减少了出错，提供了其他方式所不能做到的许多服务。

以光纤作为传输线的通信网络，在单位时间内的载荷容量，要比电话网大好几个数量级，而且能提供多种服务，包括需要频带宽度远远大于电话服务的视频服务。这种通信网络允许传输视频、声频和数据，并可与计算机连用。毫不夸张地说，它使我们的视觉和智能得以延伸。这种通信网的功能将为我们开创一个崭新的社会环境——适应信息时代的

新环境。关于这一点，我们在下章：“宽带通信网”中仍要涉及。

通信网络的发展经历了一个较长的历史时期，现有的通信网是前人留下的一笔大资产，我们当然不能弃之如敝屣，而且，我们也不可能在短期内斥巨资重建一个崭新的光通信网。这就要求我们为开发光纤系统必须在通信网中的某一部分进行改造。目前的埋于城市管道中的通信用铜电缆提供着大量的通信能力，而光缆比之铜电缆具有体积小、重量轻、容量大、不怕干扰、不会泄密等特点，而且光纤系统还具有安装维护容易，费用低的优点。所以在一些大容量、高速通信的场合用光纤系统去代替铜电缆无疑是有吸引力的。我国现代通信发展的时间很短，80年代初，电话普及率很低，而数据通信等一些业务还是一片空白。在短短的十几年中，通信得到了飞跃的发展，但与欧美、日本等一些通信发达国家相比，通信水平仍然是十分落后，这是我国通信事业的弱点，可同时也是我国通信事业的优点长处，是成功的关键所在。正是由于水平低，我们才包袱小，可以更大胆地采用新技术，大幅度地提高我国通信水平。这就是世界上事物发展的辩证法，我国邮电部规划到本世纪末，建设一个8横8纵覆盖全国的光纤通信系统正是一个例子。

由于光纤系统用途日趋广泛，将使其价格下降，到那时经济效益就更显著了。光纤系统将会因它的价格低廉而为人们所乐于采用，甚至在那些并不需要宽带低损特点的场合也一样愿意采用，可以及早地把光缆引用到用户分配网中，因为，这将是为未来的宽带信息网打下基础。

家用和商用信息服务已经开始采用光纤系统，诸如传真、银行之间的计算机数据传送；航空线、旅馆及一些预订业务；用电话拨号的信息服务，如天气预报、本地区大事以及其他为特殊顾客服务的库存信息。一些有希望的服务项目也正在实验中，其中包括改善数据服务和计算机存取的分组交换网：可视商品信息咨询，如餐馆指南、列车时刻表、旅游指南、电教节目等，或者为更特殊一点的顾客服务，如证券市场信息、库存控制等。可以预计，未来的通信方向将是以光纤网为主体的综合话音、数据、图象各种通信方式为一体的宽带通信系统。最后，随着宽带服务项目的不断扩大，光纤将代替现有的电话线走入家庭。在我国的台湾地区，光纤入户的计划正在实施当中。不难想象，到下个世纪初，宽带服务的广泛应用与光纤系统的成本下降，光纤将把它的触角伸向地球的每一个角落，将世界上的人都以光速连接起来。

光纤的另一大应用领域是在国防上。光纤独有的特点就是尺寸小、重量轻、强度大、柔韧性好、温度适应范围宽，无互相干涉，以及频带宽和低损耗。而这些特点恰恰是提高军队战略和战术能力的关键。

在各种条件下，光纤可以创造和安装更为强大、精巧的通信网。在战略基本通信应用中，光缆结构紧凑，便于运输和实现各种各样固定式和移动式设施，雷达基地和信号处理站之间的遥远连接可以很快布置。光纤的宽带和低损使雷达基地与信号处理站间的距离更大，这样，对操作人员就更为安全。由于光纤有不受电磁干扰的特性，所以在舰船、飞机和装甲车上的应用就特别有利。美国的航空母舰上的通信系统就采用的是光纤通信，与以前的铜线电缆通信方式相比无论是在占用空间，还是在通信安全性、可靠性上都要强得多。所以，目前世界上许多新型舰艇、飞机和装甲车中的一体化通信系统都逐渐向光纤转移。另外，由于

光纤具有柔韧性强、信号传送保密性好的优点，光纤被广泛应用在各种有线制导武器上。这种有线制导武器覆盖距离更长，并能更加精确地加以控制，甚至可以将导弹前端摄像机拍摄下来的图象传回控制者，经过计算机的处理，将指令和控制信号送回给导弹，从而提高了导弹的命中率，美国于 1981 年就为其部队提供了长 12 公里，重量仅 240 克，抗拉强度为 14000 千克 / 厘米<sup>2</sup>的光纤，在现场实验中，导弹拖曳着光纤以亚音速飞行，光纤完好无损。

光纤的优越传输性能还在长距离跨洋通信中得到了应用。1985 年美国 AT&T 公司在加拿里岛敷设了第一条 120 公里的系统，1988 年又先后建成了第一条横跨大西洋的海底光缆系统 TAT-8 和横跨太平洋的海底光缆系统 TPC-3，这两条线路的建设成功地将大洋隔开的亚洲、欧洲和美洲连在了一起，它导致了随后开始的国际海底光缆通信系统建设的热潮。据美国凯斯勒市场信息公司统计，到 1991 年底，全球已安装就位 70 个海底光缆系统，预计到 1999 年底，全球海底光缆系统将达 177 个。这些系统的通信距离都在几千公里，水深可达 8000 米。我国也将在 1995 年前开通上海到日本的 1300 千米海底光缆。

## 地球上幸运的人们

自从1977年第一个光纤数字通信系统并入芝加哥市中心的两个电话局之间的市话网试用以来，美国、欧洲、日本等工业发达国家都相继迅速地建立了一系列的试验和试用线路，在1980年之前，光纤通信还处在初期发展阶段，敷设的都是一些点对点的小容量系统，其目的是通过实际应用来全面考察和论证系统的性能及其经济生命力。1980年之后，光纤工业化生产的损耗特性已大为改善。因此，大规模的局间中继线，国内干线乃至以后的海底光缆传输都得到了空前发展。美国等部分发达国家，经过10余年的努力，已基本完成了国内中继干线由同轴电缆和微波向光缆的转变。作为国际连网，海底光缆传输和卫星传输正成为主要的传输手段。正如光纤创始人高锟博士所预言：“不说几个世纪吧，至少在几十年之内，光纤通信将成为世界范围通信网络的主体。在干线上，它作为信息流通的超线高速公路，在本地网和用户端，它日益成为宽带信息存取、通向信息库和高速信息通道的出入口。”

作为未来社会通信主体的光纤，正如我们前面所说，是由石英玻璃构成，而石英玻璃的主要成分是化学元素“硅”，稍具化学元素知识的人都知道“硅”是地球上含量最丰富的元素之一，地壳中的成分60%以上是“硅”。我们随处捧起一把泥土，那其中最多的就是“硅”。联想到作为信息处理主要手段的电子计算机，它是由许多集成电路芯片构成，而集成电路芯片实质上就是一块硅片。这究竟是无意的巧合，还是大自然的厚爱，使影响人类最深的两项技术电子计算机和光纤使用的都是最最平凡普通的同一种物质——硅。当然，我们还应感谢使我们能享受这两项创举的人们：冯·诺依曼（美籍匈牙利人）、高锟（美籍华人）以及其他许许多多科学探索的道路上披荆斩棘，前赴后继的人们。

不管如何，我们还是应该认为：住在这个地球上，真幸运！

## 此曲只应天上有——漫谈静止卫星通信

我们知道，微波是直线传播的，利用微波进行通信的双方必须是在“视距”内的，即只能在“看得见”的范围内才能通信，超过视距就无法用微波进行通信。而地球是球形的，一般来说，在地面上相隔 50 公里以外的双方就是超视距了。所以，如果要在地球上进行长距离的微波通信，必须每隔 50 公里就修建一座微波站，接力传输通信信号。这就好像是一个长跑，一个运动员只能跑 50 公里远，如果要完成 1000 公里的长跑，则必须有 20 位运动员进行接力一样。从北京到广州，如果要用微波进行通信，则必须在北京和广州之间修建 50 座微波中继站。如此多的传输环节严重影响了通信的质量，而且我国幅员广大，要能达到覆盖 100% 的国土，至少要修建数千座微波中继站，这无疑是一个巨大的投资。虽然微波通信有如此缺点，但由于它有一个特别大的优点，即不用敷设通信线路，所以微波通信还是得到了很大的应用。

那有没有一种方法既保持了微波通信不需敷设线路，又能保证通信质量还能节省投资呢？这似乎是一个既要牛能挤奶又要牛不吃草的办法，但是这个办法的确存在，这就是静止卫星通信。

早在大科学家牛顿的书中就有了关于卫星的记载。牛顿是这么设想的，一个人站在地面上扔一块石头，如果这个人力气比较大，就可以将石头扔出比较远的距离，如果力气再大，就可以扔出更远的距离，如果这个人的力气如此之大，以至于石头出手的速度大于某一数值，那么根据万有引力定律，这一个石头就将脱离地球引力的束缚，飞入宇宙空间，再也不会落到地上来了。这就是最初的关于卫星的设想，而这一使石头变成卫星的出手速度也称为脱离速度为 9.8 千米/秒。

历史发展到 1945 年 10 月，英国空军雷达军官阿瑟·克拉克在《无线电世界》杂志上发表了《地球站的中继站》一文，最先对利用静止卫星进行通信提出了科学的设想。他的设想是：如果在离地面 35786.014 公里处的赤道上空，一颗卫星以 3.075 千米/秒的切线速度运行，则此卫星绕地球旋转一周的时间为 23 小时 56 分 4 秒，正好等于地球自转的周期。也就是说，对地面上的人来说，这颗卫星就好像是一动不动地悬挂在天空中，这就是静止地球通信卫星。如果用三个空间相互间隔 120° 的静止地球卫星，就可以实现全球的通信。

1964 年 8 月，美国宇航局发射的“辛康姆”卫星成为世界上第一颗试验性静止通信卫星，将克拉克的预言变成了现实。

静止卫星通信形式上仍是微波通信，由图 50 可见，离地球表面高度为  $h$  的卫星中继站，“看到”地面的两个极端是 A 和 B 点，换句话说，AB 的长度将是卫星作为中继站所能达到的最大通信距离。利用简单的几何学不难算出，地球的半径为 6378 公里，如果卫星的高度为 35786 公里，则 AB 长度为 18100 公里，约为地球周长的三分之一。

卫星通信使用的微波是频率在 300 兆赫兹到 300 吉赫兹之间的无线电电磁波，其原因，除了可获得通信容量最大的优点以外，主要是考虑到卫星处于外层空间（即在电离层之外）。电离层就像一面大镜子一样，具有反射无线电波的作用（短波无线电广播正是利用的这一原理）。要使地面上发射的电磁波能穿透电离层到达卫星，同样，从卫星到地面上

的电磁波也必须穿透电离层，所使用的微波频率必须不得小于 300 兆赫兹。

使用了卫星通信后，卫星地面站直接与卫星建立联系，微波可以直接穿过大气层，没有任何中间环节，受季节和气候影响很小。因此信号稳定，质量很好。同时，卫星通信也保留了微波接力通信无需架设线路的优点。

## 发射卫星

将一颗卫星送入距地面 3.6 公里高的同步轨道是一项十分复杂的技术。为了节省燃料和成本，静止卫星的发射并不是一下子直接送到静止卫星轨道的，而是利用多级火箭（一般为三级）和远地点发动机，经过几次轨道的变换、调整才能完成。通常一颗卫星的发射如图 51 所示。

1. 先射入暂停轨道。用第 1、2 级火箭将卫星送到离地面一百多公里或数百公里的倾斜圆形暂停轨道后，作一段惯性飞行并调整好姿态（这一步骤也可由航天飞机来完成）。

2. 再变换到过渡轨道。当卫星快达到暂停轨道与赤道平面的交点（将作为近地点）时，点燃第 3 级火箭，将卫星推入倾斜椭圆形过渡轨道（又称为转移轨道），它与赤道平面的另一交点必为远地点。卫星在此轨道上惯性飞行若干圈，作好姿态调整，完成远地点发动机点火前的准备。

3. 变换到漂移轨道。当卫星达到远地点时，启动远地点发动机，使卫星进入赤道平面附近的一条圆形、接近同步的轨道（即漂移轨道）上运行若干天。

4. 进入静止轨道。当卫星在漂移轨道上缓慢地漂移到定点位置附近时，利用星上小推力喷嘴进行最后位置误差修正，使卫星精确地进入静止轨道上的预定位置。

上述发射过程中，每级火箭燃料烧完后，其壳体及时被抛弃。这样，可使后级火箭的载荷质量减轻，以获得最大加速度。

静止卫星的发射，虽然全年中的每天均可进行，但具体时间却不能随便决定，必须根据太阳、地球和卫星三者的相对位置选择最有利的发射时机（称为“发射窗口”），使卫星上的传感器在转移轨道中测量姿态角的误差最小，并使卫星各部分温度不会超过允许的范围。这种发射窗口，每天一般有两次，每次约为 30 分钟至 2 小时左右，具体时间随发射场的地理位置和发射日期不同而不同。

总之，静止卫星的发射，既需要有先进的火箭技术，又需要有精确的遥测遥控技术，才能准确地实现上述轨道的转换和定点。

## 卫星电视

用电视塔发射电视节目，不可避免会有许多缺点，一是各城市之间的电视节目的交换通过微波站来进行。电视信号经过多次的放大和变频，到达用户以后图象质量变得很差；二是建造电视塔时间长、耗费大，我国地域广阔、人口分布很不均匀，有高山、河流、沙漠、海岛，广大地区不可能都集中使用高高的电视塔，而且电视塔也不可能建得太高。一个上千万人口的城市，电视塔高需达到 400~500 米，建造时间为 5 年，耗费资金约 2 亿人民币；三是即使有电视塔，由于大城市高楼林立，会造成电视图象的重影。

而卫星电视则不然，卫星处于赤道上空 36000 千米，相当于电视塔高度达到 36000 千米，从卫星上转发电视节目可以覆盖全中国。另外，卫星传送电视图象质量好，信号稳定可靠，不会有重影的现象。还有，卫星电视传输的电视频道多，例如亚洲一号上有 24 个转发器，可同时转发 24 个电视频道的节目，而一座耗资 2 亿元的上海电视塔只能在上海地区播出 9 个频道电视节目。

通常一套卫星天线系统，不只可以接收一颗卫星上的节目，通过调节天线方位角和俯仰角可以接收十几颗卫星。那么可以接收到的电视频道将可以达到 100 个左右，例如在我国，就可以接收以下国内外电视节目：

- 国际通信卫星 IVA-F3——美国节目
- 独联体卫星 7——独联体节目
- 中国卫星 1——中国教育台
- 日本卫星 BS3——日本节目
- 印尼卫星 B2R——印尼节目
- 亚洲一号——香港，CCTV-4，云、贵台
- 独联体卫星 14——独联体和 CCTV-4
- 独联体卫星 6——独联体节目
- 中国卫星 2——CCTV

由于一套卫星电视接收装置能接收如此多的电视节目，而家庭卫星电视接收系统只相当于一台录象机的价钱。所以，家用的卫星电视接收系统作为一种新家电已逐步走进了人们的家庭。目前的一套家用卫星电视接收系统价格约为 3~4 千元，包括 1.5~1.8 米口径的接收天线，高频头，馈源，支架等，使用这套系统可接收中国一号、中国二号、亚洲一号以及独联体几个卫星上的节目。

以卫星电视接收机为中心，将上述天线、馈源、高频头同家用电视机、录象机、音响设备及用户天线连网则可构成一套家用卫星电视接收系统。如图 52 所示。

## 小天线地球站

由于我国目前邮电公用网线路拥挤，传输质量不很理想，而公用分组网覆盖面小，因此给许多需要传递大量数据信息的用户，如银行、保险公司、报社等单位带来了烦恼，为了解决此问题，一项新的通信技术：小天线地球站应运而生了。

VSAT 系统是由天线尺寸小于 2.4 米的、设备紧凑、全固态化、功耗小、价格低的卫星用户小站和一个主站组成的通信网。主要用来进行 2 兆比特 / 秒以下低速的双向数据通信。VSAT 系统中的用户小站对环境要求不高，不需设在远郊，可以直接安装在用户屋顶，不必中转，组网灵活方便。

VSAT 系统之所以能兴起和发展，一方面与微波半导体器件、集成电路、微处理机和数字信号处理等技术的进步分不开；另一方面，也是 80 年代以来为了提高管理水平，许多大型企业或部门内对数据通信的要求日益膨胀，它们要求通信系统具有一点对多点广播方式通信，通信网覆盖面积大，组网灵活方便，传送数据正确可靠等特点，而 VSAT 网络正好满足上述这些要求。这些都有助于它的迅速发展。

80 年代中期以来，VSAT 系统的发展对整个卫星通信行业产生了重大影响。它不仅形成了新的组织通信网的概念，改变了目前的产品结构和生产规模，而且还影响到将来的发展。因此有人认为，VSAT 的出现是 30 年来卫星通信工业发展上的一个转折点。我国目前除了邮电部门提供的公用 VSAT 系统外，一些大的部委单位都有自己的 VSAT 系统构成本系统内的专用通信网。1994 年底统计，我国的 VSAT 主站数已超过了美国所拥有的主站数。例如中国人民银行正采用 VSAT 系统建设覆盖全国的金融信息卫星通信专用网，形成全国性的资金清算及汇划系统，这个系统简称“电子联行”（EIS）。

这个金融通信网，中央主站设在北京，在国内各大、中城市计划设立 236 个小站。在这个 VSAT 系统中，主站与小站可直接通信，而小站之间不能直接通信，通信要经过主站转发，这一特点正好与银行部门电子联行的特殊要求相吻合，主站与小站之间的通信要借助通信卫星转化。这个金融通信网目前使用的是亚洲一号通信卫星 N10 转发器，主站卫星天线直径 13 米，小站天线直径 3 米。

金融卫星通信专用网目前已进入实用阶段，从 1991 年 11 月 4 日起，我国哈尔滨、上海、天津等东部 21 个城市的分行开通了电子联行业务，在 1991 年底，电子联行迅速及时地轧平了当年的往来帐目，而传输汇款依据的业务，只需要几秒钟，结算帐目的全部过程不超过 2 天。电子联行满足了金融业所期望的“快、准、平、清、安全”的业务要求。到 1992 年底，这个金融专用网已拥有 130 多个小站，在 1992 年到 1993 年，中国人民银行还开发了“外汇清算系统”和“证券资金交易系统”，并在全国重要城市分行间利用卫星通信网实现了话音通信和图象传输。

图 53 是一幅典型的星形结构的 VSAT 系统。

## 移动卫星通信

移动卫星通信最早起源于对航海船只的安全保障。我们知道，茫茫大海，海上的船舶一旦消失在地平线以后就无法与陆地进行联系，从哥伦布时代的向天空鸣枪三响来发出遇险信号时起，到本世纪 50 年代大多数船舶仍在使用短波无线电通信为止（只要你常收听短波广播，你就会知道短波通信的效果有多差），海洋中船舶的通信手段一直就没有太大的变化，远洋的水手和旅客们在面临危险时，环顾四海茫茫，剩下的事情只有是祈祷上帝了。1911 年号称“永不沉没的船”的“泰坦尼克”号的触冰山沉没导致数千人的死亡，使人们越发认识到：在远洋的船舶上安装一种新的通信系统，使其在任何时候，任何地点都能保持与陆地的联系是何等的重要。可是在 1912 年，这种想法还只是一种幻想。

到本世纪中，通信卫星的上天使这种想法变成了现实，这就是国际海事卫星通信，简称为 INMARSAT。推动建立海上卫星通信系统的是国际电信卫星组织。自从 1976 年美国发射三颗海事卫星中的第一颗时，国际海事卫星系统开始运行，全球服务于次年 1 月开始。刚好两年半以后，1979 年 7 月 16 日，国际海事卫星组织诞生了。国际海事卫星组织使用海事卫星系统作为其初始核心，于 1982 年 2 月 1 日开始提供商业服务。到 1988 年 9 月止，海事卫星的卫星搜救系统定位了 144 起遇难船舶，共救起了在海中遇险的 506 人。除此以外，海事卫星的搜索系统还用于空难与陆地事故的搜索定位工作，还是 1988 年 9 月的统计数据，它使 596 人获救于 273 起空难事件，47 人获救于 16 起陆地事故。

下面的一个例子能很好地说明卫星是如何拯救人类的。

1982 年 10 月，有 3 个人驾驶三体船“光佐”号从美国缅因州的波特兰港驶往英格兰，遇到了 7.6 米高的巨浪和风速为 75~80 千米/小时的狂风，在科德角东南 480 千米的海面上，这艘大型帆船尽管装有一对稳性舷外浮材，最终还是被风浪打翻。幸运的是船员事先都准备了救生衣、救生设备和紧急无线电示位标。

一架从纽约飞往马德里的班机途中收到了示位标发出的信号，并通知了美国联邦航空管理局的纽约海洋中心，同时，海洋中心也收到了来自卫星的遇难报告。于是联邦航空管理局向海岸警备队报警，海岸警备队又通知当时设在伊利诺依州的斯科特空军基地的救助行动指挥中心去协助寻找失事的三体船，赫库莱斯海岸警卫队的一架 HC-130 飞机从新泽西州的伊丽莎白城出发，飞往由搜救卫星系统指示的区域，发现了由“光佐”号船员点燃的紧急烟火。

美国海岸警备队的“蓬勃”号快艇、“加利福尼亚格蒂”号油轮和“大西洋勇士”号货船接到指示驶往出事地点，其中的两艘商船作为防风墙，由快艇作了 5 次巡游才成功地救起了遇险的 3 人。

移动卫星通信技术除了应用于搜救工作以外，另一个很大的用途就是全球卫星定位系统。对于 1991 年那场以美国为首的多国部队与伊拉克军队的沙漠战争，有点记忆的人也许都不会忘记每个美军士兵都配备有一种特殊的通信装置，通过它，美军士兵可以知道自己的确切

位置，以及接受一些简单的指令。这种装置对于在一望无际中的沙漠中作战的部队的重要性就不必说了，正是由于这场战争，这种特殊的

通信设备——全球卫星定位系统 (GPS) 在人们的心目中留下了不可磨灭的印象。

全球定位系统对陆地、海上和航空导航产生了深远的影响，这将是迄今首次由一个系统向全球并在全天候条件下提供连续精确的定位服务。它将为每个导航机构使用：军事、商业、科研、勘察和私人用户。它尤其适用于恶劣的气候条件、危险的环境或机场、港口等拥挤地区。

根据美国 1988 年 3 月的计划，全球定位系统应有 18 颗卫星在 6 个轨道平面中，每一平面内有 3 颗，外加 3 颗备用工作卫星。此后，又宣布，该星座将最终由 21 颗卫星组成，外加 3 颗备用工作卫星，即最多有 24 颗卫星。

卫星计划进入地球表面上空约 20,183 千米的轨道，轨道周期为 12 小时。全球定位系统的轨道设计可使任何能一览无余地看到天空的用户一次接收来自 4 颗或更多卫星的信号。卫星将星历表、时钟校正期限、运行轨道表、全球定位系统的信息结构等信息发给用户，用户设备通过对这些信息的计算就可得出本身精确的位置，定位的精度在 5 米以内。

至今，GPS 系统仍在组建中，1992 年 7 月在美国卡纳维拉尔角发射了这个系统的第 14 颗卫星，这颗卫星价值 6500 万美元，预计整个系统 1994 年建成。尽管这个系统尚未最后完成，但已经在许多方面发挥了不可低估的作用，上面所说的沙漠战争即是一例。

美国加利福尼亚州的两家公司，在 1992 年开发出一种称为“麦哲伦-5000”的手提式全球定位仪。它的重量不到 1000 克，只要使用 6 节 5 号电池就可工作 6 个小时。

手持这种定位仪的人，能用它来随时随地确定自己的方位。这种仪器是一种多频道的无线电接收器，它通过对 4 个定位卫星发来信号的分析、处理，就能在定位仪的液晶显示屏上向使用者显示所在地的方位：经度、纬度和高度。使用者方位的改变也能在显示屏上反映出来，仪器的精度为 100 米，这就是说，使用者只要移动 100 米，就能在屏幕上看到本人方位的改变。

这种定位仪还有存贮装置，使用者可以把出发地及行程中 100 个地点的方位存入，定位仪就能把使用者的行踪记录下来，在使用者返回途中，仪器还能显示返回的路线，定位仪并能向使用者提供行驶速度、已走过的路程以及还要花多少时间才能到达目的地等信息。有了它，“迷路”这个词该从词典中清除出去了。

移动卫星通信另一很大的用途是运用于全球个人移动通信的全球通信系统，如美国的“铱”系统，这将在以后的章节中涉及。

当我们在苍茫的夜色中仰望太空，星河灿烂，缓缓地在我们眼前流过，这其中有几多属于我们人类的卫星，将我们、你们、他们，将全世界的人连在了一起。

## 大一统的梦想——漫谈综合业务数字网

传统概念上的电信业务一直局限于两个方面，即电话通信和电报通信。这两种通信业务利用不同的传输和交换方式，在不同的网络中进行。

近十几年来，随着计算机的被普遍使用，有越来越多的数据信息需要被传递和处理，最初，为了满足这种数据信息的要求，人们借助于调制解调器在电话网上传递较低速的数据信息。但是，数据信息传递、处理量的不断增大，导致仅用调制解调器来传递数据信息根本无法满足数据量增长的要求，人们发现有必要建立新的专门网络来满足这些通信的要求。于是出现了各种各样的数字数据通信网。当今世界上的电信网络就处于这样一种状况：各种不同的通信网同时并存，分别用来提供不同的业务。除此之外，目前还存在单独的电视网，使用卫星或电缆提供广播电视业务。



图55 现存的各种网络

由图 55 可看出，目前的每一种通信网都是为某种专门的业务而设计的，它们的特性各不相同，不同网络之间的设备无法进行直接通信。它们之间的互通只有通过网络间的特殊设备——网关来完成。

这种用许多专门的网络来提供不同电信业务的方式，无论对于用户还是对于运行管理部门来说都存在许多缺点。

从用户角度来看：

1. 经济性差：每一网络都需要专门的交换机和专门的终端，这是很不经济的。网络越小，成本也就越高。而且由于不同网络之间的终端不能兼容，使其不能大批量生产，因而价格也较贵。

2. 效率低：网络之间频繁的通信使得网络提供服务的能力降低。

3. 使用不便：每一网络都有不同的接入协议过程，都有单独的号码簿，用户使用起来很不方便。例如接在一个办公室内有两台传真机，一台接在电话网上，一台接在分组网上，则这两台传真机的号码是不一样的。

4. 和管理部门的关系复杂：每个网络都有单独的运行管理部门，这意味着用户要和很多个维护管理部门打交道（例如申请一项电话网上的服务要找电话网主管部门，申请一项分组网服务要找分组网主管部门），这也给用户带来麻烦。

为了克服上述缺点，必须从根本上改变网络间相互隔离的状况。用一个单一的网络来提供所有不同类型的服务，也即是不管你采用什么通信协议，采用什么信息传输方式，都可以通过这个单一的网络进行通信。这个单一的网络就是综合业务数字网。图 56 是综合业务数字网的结构。

当然，图中的综合业务数字网还只是一幅美好图画，要把这幅图画变成现实，也还有许多问题需要我们去解答。

## 全数字化的网络

综合业务数字网，按目前国际上标准的定义，是一个全程数字化的，能够提供一系列广泛业务的，能为用户接入提供一组标准接口的通信网络。

什么叫全程数字化呢？

全程数字化是指在这个网络中任何一部分：交换、传输、终端，所有信号都是数字信号，网络中不再存在模拟信号，所有的信息，不论是声音，文字还是图象都全部数字化，变成数字化信息以后再入网通信。

我们知道（见第二章神秘的电话交换），现存的电话通信网不是全程数字化的。用户打电话，说话的声音是一个模拟信号，这个模拟信号经过电话机传到电话线（a、b线）即电话机到交换局的这段线路上后仍是一个模拟信号，一直到电话交换机以后，经过交换机上的模拟数字信号变换器后，模拟信号才变成数字信号，这个数字信号在交换机中完成交换以后，出交换机前还须将数字信号转换成模拟信号才能传到对方。

之所以电话交换要经历一个模拟变数字，数字再变模拟的过程，是因为，首先，全程数字化成本太高，用户无法接受；其次，在电话交换的时代，全程数字化对用户来说并非一个很迫切的问题，数字化声音和模拟化声音对听者来说，并没有太大的区别。

计算机的诞生改变了这种状况，因为计算机的“嘴巴”只能说数字信号，计算机的“耳朵”也只能听数字信号，这就迫使我们去考虑全程数字化的问题。从电话交换网来看，只是在电话线这一部分是模拟信号，而电话交换网的其他部分已经全部是数字信号了。所以，我们只要将电话线上的模拟信号变成数字信号就可以实现全程数字化了。还是以普通电话为例，要实现全程数字化，就是将模拟数字转换器从交换机一侧搬到电话机中即可。如图 57 所示。



图57 全程数字化

可别小看了这一移动，这其中隐含着巨大的工作量。这是因为电话线的投资在整个电话网中占到了 80%，也就是说，如果用 1 万元人民币建一个电话网，其中 8 千元人民币是用于铺设电话线的。所以，我们无论进行何种改动，也不能去改电话线，这是经济上的考虑；另外还有一个技术上的考虑，即，数字信号的传输一般需要 4 条线，而电话线只有 2 条，如何在 2 条线上传输数字信号，同时还保证传输质量呢？这也是一个需要花精力解决的问题。要解决这个问题又将遇上信号处理、微电子制造等一系列问题。

目前，科学家们已找到了解决的办法，并且把这个解决办法集成到一个只有大拇指的指甲盖一般大小的一片集成电路芯片上。这片芯片叫“回波消除芯片”，有了这片回波消除芯片，全程数字化的问题才得以解决。

有了全程数字化，只是有了一个综合业务数字网的基础，如何在这

个基础上实现多种业务的综合呢？

所谓业务是指邮电部门向用户提供服务的形式。比如电话业务是指用户可以通过邮电部门提供的电话网进行电话通信；数据业务是指用户可以通过邮电部门提供的数字数据网进行计算机或数据终端间的通信。业务的类型是多种多样的，除了电话业务和数据业务以外，还有信息检索业务、电子邮件业务、传真业务等等。要将这些所有的业务集中到一个网络中完成，并非一件易事。首先，我们需要对这些业务进行分析。

如果我们以计算机的“嘴巴”一秒钟吐出一个“0”或“1”，称之为计算机的通信速率是1比特/秒（比特是信息的单位，1比特代表一个“1”或“0”）的话，如果要进行声音通信（比如打电话），数字式电话的通信速率为64000比特/秒；如果进行电报通信，电报终端的通信速率为9600比特/秒；如果进行小幅面的活动图象通信（比如可视电话），可视电话终端的通信速率至少需要128000比特/秒才能产生连续的活动图象。

下图表示了几种业务的范围。

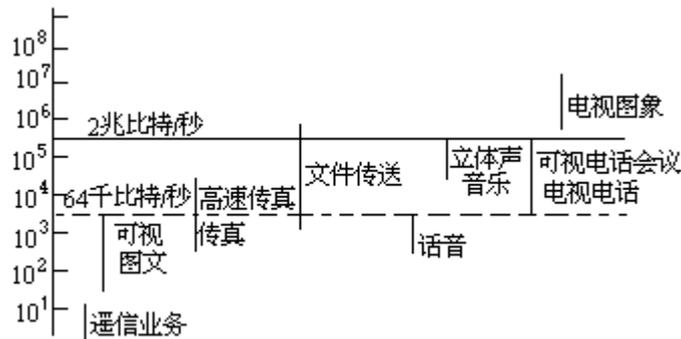


图58 几种业务的速率范围

这些业务有些是传统的通信业务，有些是综合业务数字网新开创的业务，这里仅列举几种重要的业务。

1. 传真。传真可以传输和再现图片或手写文件。这种业务由来已久了，但由于原来是在电话交换网上开展此项业务，受电话网的限制，传输速率较慢。在综合业务数字网中，这种业务可以在几秒钟之内传送一张A<sub>4</sub>规格的图片。

2. 可视图文。可视图文是一种交互式的信息检索业务，使用9600比特/秒的速率传送一页文字或图形只要1秒钟。用户利用家用电视加上控制键盘，或利用家用电脑，就可以和综合业务数字网中的一些服务中心进行通信，得到新闻、金融、商业、卫生、教育、科技等各种需要的信息，并可进行机票、旅馆、商品等各项预订业务。

3. 遥测。这种业务的目的是将用户家中的电表、水表、煤气表等设备上的数字通过综合业务数字网传到有关部门，以代替挨家挨户抄表的繁重工作。

4. 监视和告警。监视业务是将无人值守场地内照象机、摄影机等设备的监视信号通过综合业务数字网传到监视中心。告警业务是将用户房屋内的火警、防盗报警等信号传到有关部门。

5. 电子邮件和邮政信箱。这两种业务大同小异，都是利用综合业务数字网的数据传送能力来传递信件，代替邮政系统的人工投递。用户可以从终端设备将信件送到网络的处理中心，存在某个存储区内，然后由

处理中心负责将信件传送到收信人的终端设备,或者由收信人自己来“开启”信箱,索取邮件。

6. 可视电话。利用高速数据传送将话音及图象信号一起传输,使用户通话时能看见对方的形象。

7. 电视数据。利用电视信号的间歇(回扫期间)传送新闻、节目预告、天气预报等等。

由此可见,综合业务数字网提供的业务类型已经远远超出了普通意义上的邮电通信的概念,它将电话,邮政,自动控制,广播电视全部合而为一,使原来分立的各种通信网成为一个大一统的信息网。人们可以通过这个大一统的信息网享受高质量的信息服务。

但是,由以上的分析同样也可以看出:不同的业务其业务速率是不一样的,小的如遥测业务,通信速率每秒几百个比特就够了,大的如可视电话,通信速率至少为每秒十几万个比特。要使这么多种速率的业务能进入一个综合业务数字网进行处理,也就意味着综合业务数字网对业务速率有较强的适应性。

为了达到适应多种速率的业务的目的,综合业务数字网向用户提供一组标准的多用途入网接口。所谓的“多用途”是指这样一个接口对各种各样的业务都是通用的。不同的业务和不同的终端可以通过同一接口入网。

多用途的用户—网络接口对综合业务数字网来说是至关重要的。因为用户对家中或办公室中越来越多的五花八门的插头已经很头痛了,他们希望有一个统一的插头,所有的通信设备插在此插头上就可进行通信。就像不管家电的类型有多少种,只要有一个电源插头就可以使它们开始工作一样。

也正是由于这个多用途接口,综合业务数字网中的所有业务可以采用统一的编号计划。也就是说如果你家里既有传真机又有计算机又有电话机,你可以将它们全部接到一个综合业务数字网多用途接口上,这些设备共有—个综合业务数字网号码,而不再分电话号码,传真号码等。综合业务数字网会自动识别在一个多用途接口上接了何种终端设备,当对方有一个电话呼叫过来的时候,综合业务数字网能使接在多用途接口上的电话振铃而不会错误地把对方的电话连到你的传真机上去。

从用户的角度来看,综合业务数字网是一个通过单一接口提供各种各样业务的网络,这个接口可以叫做“数字管道”。用户通过一个本地的接口连到这个数字管道,然后进入综合业务数字网。数字管道可以有不同的口径(即比特速率),以适应不同的用户需求。例如,一个住宅用户可能将一个电话和一个家用电脑连到综合业务数字网,他使用一个“细”管道就够了;而一个办公室用户则希望将很多终端设备经过一个数字小交换机连到综合业务数字网,则他需要一个“粗”管道。

这些通向用户的管道在任何时候都保持在一个固定的容量(即由口径决定的比特速率),但管道上的信号类型和流量可以变化,你既可以在这个管道上传送低速的遥测信号,也可以在上面传递高速的可视电话信号。综合业务数字网有相当复杂的控制信号来管理这条管道上不同的业务类型。

接口的标准化促成了终端的可携带性。综合业务数字网终端可以从

一个房间搬到另一房间，一个场所搬到另一场所，只要简单地插拔插头就能完成。

接口的标准化还简化了网络的管理工作，例如用户可以拔下电话机的插头，换上一台个人计算机，并不需要通知网络就能继续工作。当两个用户进行通信时，网络负责传递控制信息，保证双方终端的兼容性。

上面介绍的综合业务数字网的全程数字化，业务综合以及接口标准化的特点给用户带来了巨大的好处。首先是用户付出的费用低廉，这是因为用户不必购买和安装不同的设备和线路来接入不同的网络，而只需一个接口就能得到各种业务，因此大大节省了投资。

其次，用户只需一个入网接口，使用一本统一的号码簿，就能从网络得到他所需的各种业务。这些业务可以适合不同的通信要求，用户在这个接口上可连接多个终端，而且有多个终端可以同时通信。由于这些终端都有相应的国家标准，市场会有很多同类产品竞争，用户可以从其中挑选经济实惠的产品。此外，综合业务数字网在接口上使用了国际统一的插座，这使综合业务数字网的终端像家用电器那样具有可携带性，可以从一个插座上拔下来，搬到另一个有插座的地方去使用。

第三，能提供较高速的数字传输管道，以前用户可视电话可以在综合业务数字网上开通，这是一般的电话通信网办不到的。即使对于日常的通过计算机传送文件、报表等应用来说，使用综合业务数字网也可使传送速率提高几十倍，甚至上百倍。

第四，有很高的传输质量，由于采用了全程数字化的技术，传输质量大大提高。一般来说比电话网中传送数据的质量提高十倍，这样系统的可靠性大大提高。

## 走进综合业务数字网

用户网络接口是提供用户进入网络的手段，综合业务数字网提供的用户网络接口是一组标准的多用途接口。这个接口是综合业务数字网的基本要素，用户要懂得如何才能进入综合业务数字网，必须先了解其用户网络接口。

目前的电信网存在多种不同的用户网络接口，如：

1. 模拟电话接口。这是目前通信网上使用最广泛的一个接口，我们平时所用的电话就是通过这个接口才得以进入电话网的。

2. 825 接口。这是分组网的用户网络接口，也是根据分层通信协议所制订的第一个标准接口。如果我们要通过分组网传送数据，则用户的数据终端必须要经过 825 接口才能进入分组数据网。

3. V24 接口。这是目前使用最广泛的一类数据传输接口，它用于数据终端，通过调制解调器在公用电话交换网中传输数据。由于调制解调器的限制，这种数据传输所允许的最高速率是 19.2 千比特/秒，几乎所有的微型计算机上已配备了这种接口，只不过这种接口在微机中的称呼为 RS232 接口。

以上谈到的几种通信接口以及其他的通信接口都是为某种特定的业务所设计的。比如模拟电话接口用于公用电话交换网，825 接口用于分组网，V24 接口用于调制解调器等，而综合业务数字网的用户网络接口必须能使各种各样的业务，无论是话音、数据还是图象，接入网络中，所以综合业务数字网的用户网络接口必然要有一些不同于这些专用接口的特殊要求。

1. 通用性：不同类型的终端和应用能使用同一接口；

2. 可移动性：在一个国家内，终端可以从一个场所搬到另一场所，甚至可以从一个国家搬到另一国家，只要插到综合业务数字网的插座上，立即就能通信，不需要接入时临时注册登记；

3. 隔离性：终端和网络可以独立地进行开发，而不受对方的限制。也就是说这个用户网络接口必须是标准的，只要符合这个标准，终端和网络的设备可以独立地进行革新或升级，而不会影响双方的互通。

只有实现以上三点之后，综合业务数字网的用户网络接口才能提供给用户终端的标准化以及终端的可携带性。

国际上的标准化组织提出了综合业务数字网的用户网络接口的参考配置，如图 62 所示。

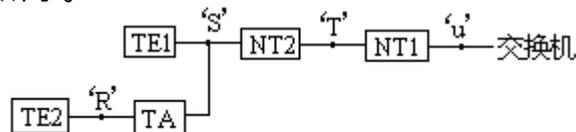


图62 综合业务数字网用户网络接口

根据这个参考配置，综合业务数字网的用户网络接口可分成以下几个功能群，这几个功能群以参考点隔开。

1. 网络终端 1 (NT1: Network Termination 1)，NT1 主要完成用户网络接口上物理层的功能。例如，在 NT1 的左侧，即 T 接口上，信号是用四根导线传输的，而在 NT1 的右侧，即 u 接口上，信号是在二根导线

上传输的，所以 NT1 要完成 2 / 4 线转换的工作；又例如，在 T 接口上信号传输的格式是 I430 格式（I430 格式是国际上规定的 T 接口上的一种信号传输格式），而在 u 接口上，信号传输的格式是 2B1Q 格式（2B1Q 信号格式是回波抵消法格式的一种）。所以，NT1 要完成 I430 格式与 2B1Q 信号格式之间的转换。另外，由于在一个 NT1 下可以连接多个终端，即可能有多个 TE1 或 TE2 共同连到一个 NT1 上，这多个终端在与外界进行通信时可能会发生冲突。所以，NT1 要负责解决这种由于多个 TE 连在一个 NT1 上所造成的传输过程中的冲突。

除上面所提到的功能外，NT1 还有负责维护用户线路的功能。

2. 网络终端 2 (NT2 : NetworkTermination2)，NT2 又叫做智能的网络终端，它可以完成通信协议的 1~3 层功能，即物理层、数据链路层、网络层的功能。我们可以认为 NT2 就是一个具有综合业务数字网功能的数字小交换机。这个数字小交换机可以将一定数量的终端设备连成局部地区的专有网络，在这片局部地区内提供所连终端之间的交换功能，并经过 T 参考点经过 NT1 与综合业务数字网互连；我们也可以认为 NT2 是一个用户集中器，它将一群本地终端的通信业务量集中起来，再和综合业务数字网相连。这样可以提高用户网络接口上的信道利用率。当然，这时不能提供本地交换的能力。

3. 终端设备 1 (TE1TerminalEquipment1)，TE1 又叫综合业务数字网的标准终端设备，TE1 有一个不同于以往任何终端通信接口的“S”接口。通过“S”接口，TE1 可以直接接入综合业务数字网，而无需做任何形式的变换。TE1 完成通信协议的 1~7 层，即从物理层直到应用层的全部功能。用户可以通过 TE1 向综合业务数字网申请服务并接受综合业务数字网的服务。不同的应用层软件可以使 TE1 用于不同的场合，例如应用层软件是酒店管理软件则此 TE1 可应用于酒店管理。

4. 终端设备 2 (TE2TerminalEquipment2) TE2 又叫综合业务数字网的非标准终端。它没有符合综合业务数字网标准的“S”接口，现在通信网中的任何通信终端都认为是 TE2，例如一台具有 RS232 接口的微机就可以认为是一个 TE2。由于 TE2 的通信接口多种多样，比如 825 接口、V24 接口等，所以 TE2 要接入综合业务数字网都必须经过 TA，将这多种多样的通信接口统一转换到综合业务数字网的“S”接口上。TE2 同样也完成通信协议 1~7 层的功能，不同的应用层软件可使 TE2 适用于不同的场合。

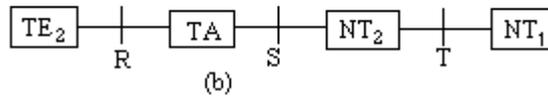
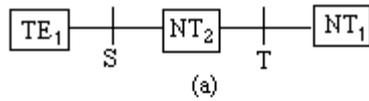
5. 终端适配器 (TA : TerminalAdaptor) TA 完成适配功能（包括速率适配及协议转换），如将 RS232 或 825 的物理接口转换成综合业务数字网的 S 接口，将 RS232 或 825 的通信协议转换为综合业务数字网的通信协议。这些工作将使 TE2 能接入综合业务数字网，TA 是为了使现行的许多通信终端能接入综合业务数字网而设计的。TA 具有通信协议 1~7 层的功能。

图中还标出了用户网络接口上的参考点：NT1 与 NT2 之间的参考点 T 是用户与网络的分界点，T 点右侧的设备归网络主管部门所有，左侧的设备归用户所有；参考点 S 是对应于单个综合业务数字网终端入网的接口，它将用户终端设备和与网络有关的通信功能分开；参考点 R 提供非标准终端的入网接口，位于 TE2 与 TA 之间；参考点 u 对应于交换机的用户线，

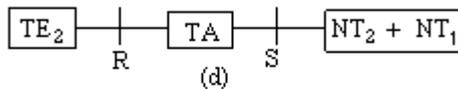
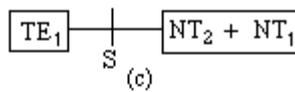
位于 NT1 与交换机之间。

一个典型的综合业务数字网用户侧配置如图 63 所示。

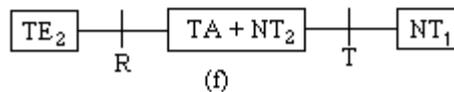
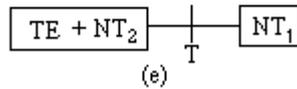
除了上图的用户网络接口配置以外，国际上还定义了各种可能的配置。这些配置不同于前图所示的标准配置：在用户处可能同时存在 S 和 T 接口；也可能只有 S 没有 T；或者只有 T 没有 S；还可能是 S 和 T 接口重合在一起。如下图所示。



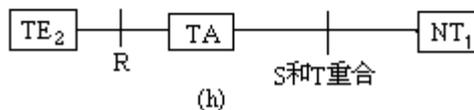
用户网络接口有“S”和“T”接口的配置



用户网络接口上只有“S”接口的配置



用户网络接口只有“T”接口的配置



用户网络接口“S”和“T”接口重合的配置

第一种配置（图（a），（b）容易理解：一个或多个设备对应于一个功能群，每一参考点对应于一个实际的物理接口。

第二种配置（图（c），（d）），只有 S 接口而没有 T 接口，原因是 NT<sub>1</sub> 的功能与 NT<sub>2</sub> 的功能合并了。这是因为，在一些国家中，电信业务由一家垄断，没有竞争，网络的主管部门既提供 NT<sub>1</sub> 的功能又提供数字小交换机等设备，这就使将 NT<sub>1</sub> 和 NT<sub>2</sub> 综合起来成为可能。还有一些国家，NT<sub>1</sub> 的功能不由网络主管部门提供，而是由众多的生产厂家来竞争，这样，一些生产 NT<sub>2</sub> 如数字小交换机的厂家就可能将 NT<sub>2</sub> 的功能综合到其生产的数字小交换机即 NT<sub>2</sub> 中，从而使 NT<sub>1</sub> 与 NT<sub>2</sub> 合而为一，T 接口消失。

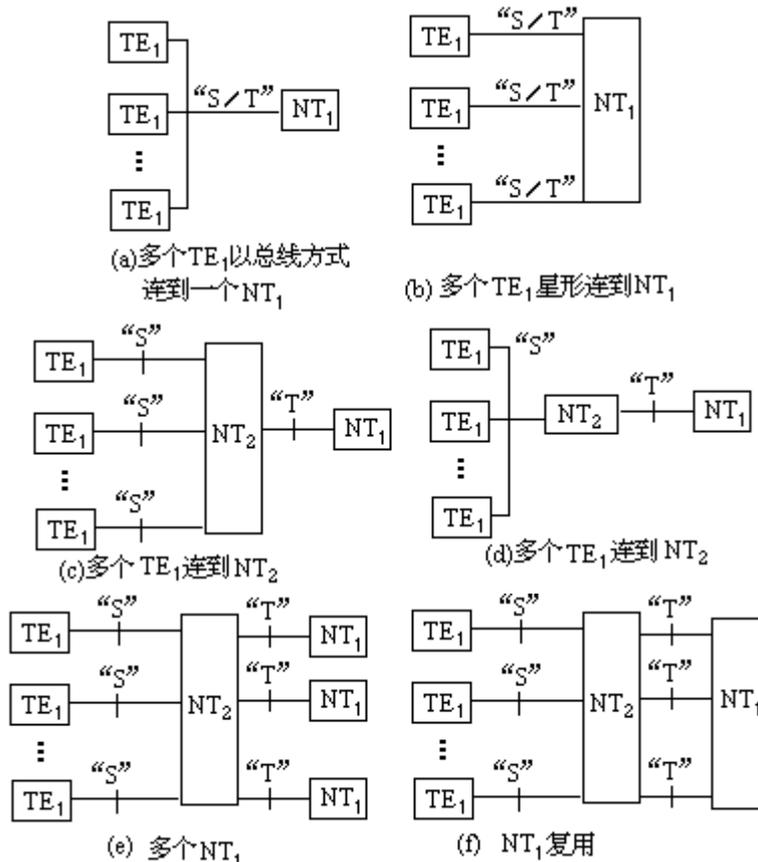
第三种配置是只有 T 接口，没有 S 接口，在两种情况下可能出现这种配置，一是图（e）的情况，NT<sub>2</sub> 与 TE 的功能合并了。例如一个多用户

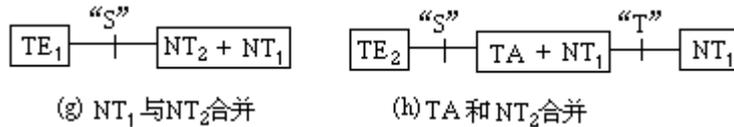
的计算机系统，主机在支持多个终端操作的同时还通过 T 接口连到综合业务数字网，使每个终端都能对外通信；另一种情况是图 (f) 的情况， $NT_2$  与 TA 的功能结合在一起，例如一个数字小交换机或计算机局域网，一方面与某种非综合业务数字网标准的接口（如 RS232 口）支持各种终端设备的接入，另一方面还通过 T 接口与综合业务数字网相连。

第四种配置是 S 和 T 接口重合在一起（图 (g)，(h)），这时不存在  $NT_2$  的功能， $TE_1$  或  $TE_2 + TA$  直接连到  $NT_1$ 。这种配置的存在说明 S 接口上和 T 接口上，接口标准是完全一样，只有这样才能保证 S 接口与 T 接口的兼容性。这种配置适用于少数  $TE_1$  或  $TE_2 + TA$ ，无须经过  $NT_2$ ，而直接进入综合业务数字网，如只有一间办公室的办事处等单位，它们不需要一个数字小交换机完成电话交换功能，则它们可以通过这种配置进入综合业务数字网。

上述四种配置已说明了一个问题，这就是一个给定的综合业务数字网的功能可以用不同的技术来实现，而不同的综合业务数字网功能可以综合到同一个设备中实现。仅以  $NT_1$  和  $NT_2$  为例，在第一种配置中，这两个功能分别由不同的设备实现；在第二种配置中，这两个功能由同一设备实现；在第三种配置下， $NT_2$  功能和 TE 或 TA 功能合并到同一设备中。

除了以上四种配置以外，国际上针对多个终端接入同一用户—网络接口的情况提出了一套配置方案。这套配置的一大特点就是在一个参考点上可能有多个物理接口。





在上图 (a)、(b) 中,  $NT_2$  的功能被省略了, S 和 T 接口重合, 多个终端  $TE_1$  直接连到  $NT_1$ , (a) 采用的是点对多点的连接, (b) 采用的是分别连接的方式。在这两种情况下, S 接口和 T 接口的所有特性必须一致。

图 (c)、(d) 中, 多个终端连到  $NT_2$ , 连接的方式可以有很多种, 如星形、总线方式等, 图 (c) 采用的是星形连接; 图 (d) 采用的是总线方式。

图 (e) 和 (f) 是  $NT_1$  和  $NT_2$  之间有多重连接的配置。其中图 (e) 表示存在多个  $NT_1$  设备的情况; 图 (f) 表示  $NT_1$  提供物理层的多路复用的情况。

图 (g) 是  $NT_1$  与  $NT_2$  功能合并的情况, 图 (h) 是  $NT_2$  与 TA 功能合并的情况, 这两种合并以上的配置中也可以出现。

在用户室内, 用户网络接口有多种布线方式。

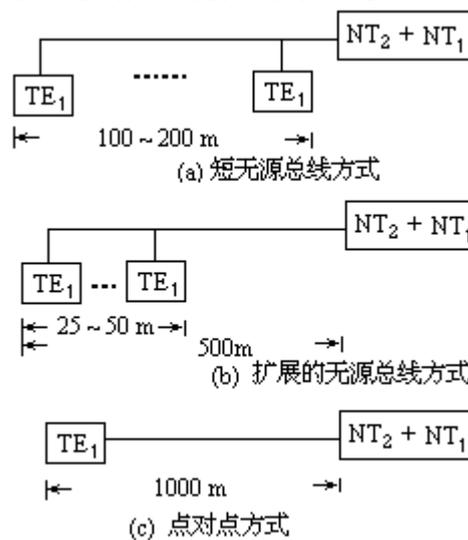


图 (a) 是短的无源总线方式 (short passive bus), 在这种方式下, 终端  $TE_1$  可以连接在 NT 周围 100 ~ 200 米范围内的任何地方, 这种方式适用于终端所处地点比较分散的场合。

图 (b) 是扩展的无源总线方式 (extended passive bus), 在这种方式下, 终端  $TE_1$  可以连接 NT 周围 500 米的范围内的某一段区域中, 这一段区域的最大长度为 50 米。这种方式意味着, 如果终端所处的地点比较集中, 在 50 米的范围内, 则这些终端与 NT 之间的最大距离可以达到 500 米。

图 (c) 是点对点的方式 (point-to-point), 在这种方式下, 只有一个终端  $TE_1$  与 NT 相连, 这时  $TE_1$  与 NT 之间的最大距离可以达到 1000 米。

从上述可以看出, 短无源总线方式适用于一般家庭或小型办公机构; 扩展无源总线及点对点的布线方式则适用于大楼及大公司, 由数字

小交换机延伸到各部、处的布线。

前面我们曾提到过用户网络接口实质上是在综合业务数字网的用户和网络之间提供一条能传递数字信号的管道，通过这条管道，用户和网络之间可以进行信息交换。那么，这是一条什么样的管道，管道的结构又是什么样的呢？

关于这条管道，国际上通行的标准是这样的：

作为连到一般用户的这样一个基本速率接口是由二部分组成的，一是两条传输速率为 64 千比特 / 秒的数字管道，称之为 2 条 B 信道；一条传输速率为 16 千比特 / 秒的数字管道，称之为 D 信道。这样一个 2B + D 的信道就构成了综合业务数字网的基本速率用户网络接口。

为什么要在用户网络接口上分成 B 信道和 D 信道呢？

B 信道是用户信道，用来传用户发出的话音、数据等信息，传输速率为 64 千比特 / 秒，一个 B 信道可以包含多个低速的用户信息，但是这所有的信息都必须都是前往同一目的地。B 信道上可以建立三种类型的连接。

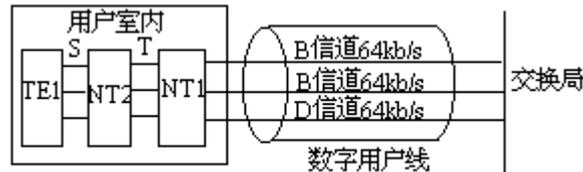


图64 基本接口的逻辑结构

1. 电路交换连接：这相当于目前电话网中的数字交换连接。即当用户产生呼叫请求时，建立一条电路，使其和网络的另一用户接通。接通后双方可进行双向的 64 千比特/秒的数据传输。值得注意的是，接通此 B 信道的通信协议控制过程是在 D 信道上而不是在 B 信道上完成的。这与日常的概念略有不同，一般我们打电话时，听拨号音、拨对方号码这些通信协议控制过程都是通过 AB 线（即电话线）传到交换局去的，电话接通以后，双方通话的信息仍是在此 AB 线上传输，也就是说通信协议的传输和信息传输使用的是同一对 AB 线。这种做法给系统的可靠性和可维护性都带来了一些问题。所以，在综合业务数字网的用户网络接口中采用了将通信协议也即信令传输信道与信息传送信息分开的做法。

2. 分组交换连接：B 信道可以用来将用户连接到分组交换节点，用户通过向 B 信道上发送 825 分组信息来和另一个用户通信。

3. 半固定连接：事先建立两个用户间的连接，而不需要在每次呼叫时再使用呼叫建立规程，等效于租用电路。

在一个用户网络接口上拥有两条 B 信道意味着在一个用户网络接口上可以同时有两台终端以 64 千比特/秒的速率工作。这对于应用来说就是用户虽然只申请了一条综合业务网的用户线，但是可以同时既打电话又进行数据传输或传真，这一点在普通的电话交换网上是做不到的，在电话交换网上申请一条用户线后，在同一时刻可以打电话或发传真或用调制解调器传输数据，但是绝对不可能同时做其中任何两件事。而综合业务数字网的这个特性使我们虽然只申请一条综合业务数字网用户线，但却可以同时干两件事。

D 信道如前所述是传送信令的一个信道，但是除了传送信令以外，在没有信令信息传输时，D 信道可以用来传送分组数据或是低速遥测信息。D 信道的速率是 16 千比特/秒。

这样 2B+D 的信道容量 ,你实际上可以传输  $64 \text{ 千比特/秒} \times 2 + 16 \text{ 千比特/秒} = 144 \text{ 千比特/秒}$  的数据 ,也即是每秒钟可以传送 9000 个汉字。综合业务数字网的这张嘴是不是够利落 ?

好了 ,对于综合业务数字网的用户网络接口我们已了解得够多了 ,下一步我们要去哪呢 ? 下一步我们要去了解综合业务数字网中直接与用户打交道的那一部分 ,即终端。通过对终端的了解 ,你可以知道综合业务数字网这个大一统王朝是如何为你服务的。

## 综合业务数字网的终端

综合业务数字网的终端 TE (包括 TE<sub>1</sub> 与 TE<sub>2</sub>)，是综合业务数字网中直接与用户打交道的设备，它应具备如下特点：

1. 硬件和软件都要符合国际规范。
2. 能满足综合业务的要求。例如，一台终端对应多种业务的要求；可以任意移动；具有保存与处理信息的能力等。
3. 适合于不同用户的需要，机关企业主要从改善业务质量、提高工作效率及信息传输的可靠性方面对综合业务数字网终端提出要求。因此，企业用的多功能终端除了应包括电话功能外，还应包括微机的功能，即文件的管理，编制以及传输功能。此外，为了满足企业内部综合业务通信的需要，还应提供具有综合业务交换功能的小交换机，即前面所说的 NT<sub>2</sub>，用它构成企业内部的局域网。

从经济观点考虑，向家庭用户提供的综合业务数字网服务在开始阶段应尽量利用现有的电话线路。因此，适合家庭用户的终端应符合基本速率接口的通信协议，这些终端可提供通话、高速传真、可视图文及简易的可视电话功能。利用这些终端可进行家庭保安及家电遥控，开展家庭电信购物、家庭金融处理、电信诊病等业务以及在家中为公司工作等。

通过对市场调查以及对一些国家的综合业务数字网运行资料的研究可以发现，几乎没有什么用户需要一台能提供全部综合业务数字网业务的终端，大多数用户只用到其中几种电信业务。目前市场上推出的和正在开发的综合业务数字网终端大致有以下三类：

### 1. 面向机关企业的多功能终端

(1) 多功能电话机：在话音通信的基础上增加电子电话号码簿、电子记事、屏幕显示等功能。另外，有的还在此电话机上设计了一个 RS232 串行通信口，其它的有 RS232 接口的终端可以连接在此串行通信口上，通过多功能电话进入综合业务数字网。显然，此时多功能电话具备了一定的终端适配器 TA 的功能，将 RS232 的接口和协议与综合业务数字网的接口和协议进行转换。

(2) 可视电话，同时提供话音和对方活动图象的通信。

(3) 以微机为基础的多功能终端，微机具有能进行编制、保存及检索文件资料的功能，以及其他的计算机辅助设计功能，并能将处理结果通过综合业务数字网传向对方。

### 2. 面向家庭用户的多功能终端

(1) 数字电话机。除了能提供通话能力外，还有显示主叫电话号码功能，你可以根据此号码决定是否接这个电话；防止恶意呼叫功能等。此种电话价格较低。

(2) 可视电话。能够提供同时传送话音及活动图象能力。

(3) 多功能终端。在数字电话机上加一些接口，使微机可以通过此接口进入综合业务数字网。

### 3. 公用多功能终端

(1) 综合业务数字网公用电话，公用数字电话，具有简单的记忆功能。

- (2) 信息检索终端，具有信息检索以及电信购物的能力。
- (3) 传真机、高速数字传真通信。
- (4) 电视会议终端，可提供预约租用的电视会议系统。

由于我国的微机已十分普及，所以这里简单介绍一下以微机为基础的多功能终端。

通常在市场购得的微机与多功能终端最大的差别就是市场上的微机通信能力很差，一般来说只有二个 RS232 串行通信接口，这种串行通信接口的最大通信速率只能达到 19.2 千比特/秒。这是因为微机的设计者将主要精力放在如何提高微机的运行速度和存储容量上，而不太关心如何将微机接入公用交换网络。只有在最近工作站（也是一种功能极强的桌面式计算机）的设计中，设计者才考虑了在工作站内部加装一个综合业务数字网接口，使之能进入综合业务数字网。

基于以上原因，如何将现有微机的强大的运算能力和存储能力与综合业务数字网的强大的通信能力结合起来就是我们在设计多功能终端时面临的问题。

一般的微机都提供了几个空闲的扩展槽以使微机加强某些功能的能力，我们就利用这些扩展槽，将具有综合业务数字网功能的扩展卡插在其中，使微机具有综合业务数字网的通信能力。

通信接口卡的功能就是为微机扩展通信能力，卡上可以提供标准的综合业务数字网的“S/T”接口，并有处理综合业务数字网通信协议的能力。

通信接口卡的结构如图 66 所示。

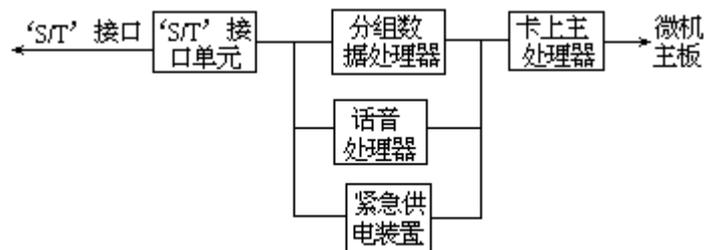


图66 通信接口卡结构

“S/T”接口单元将“S/T”接口上的综合业务数字网信号格式转换成卡上内部的信号格式（反之亦然），以便于处理（比如德国西门子公司 的 10M 信号格式）。

分组处理器使通信接口卡具备了处理分组数据的能力，有了它，用户可以通过综合业务数字在 B 信道上进行 64 千比特/秒的分组数据传输。

语音处理器是为了在通信接口卡上进行话音通信而设计的。从语音处理器上可以接出一个电话手机，供用户进行话音通音。语音处理器的存在使多功能终端实际上包含了数字电话的功能。

紧急供电装置是为了在微机断电的情况仍可保持部分通信能力而设计的。一般情况下，通信接口卡的电源取之微机电源，当某种原因，微机无法提供电源时，紧急供电装置将启动，向交换局索取电源。至少维持卡上的数字电话部分的功能可以继续使用。主处理器中将进行除了物理层和数据链路层下半部分以外的通信协议处理，并负责与微机进行通信。

微机中除了通信接口卡以外还有图象处理卡，图象处理卡使多功能终端具有可视电话的功能，目前这种图象处理卡 in 多媒体技术中也有应用，市场上的型号也很多。

在微机中插入上述两块扩展卡以后，微机将由一台普通微机变成一台具有很强通信能力的综合业务数字网多功能终端。它将具有以下功能：

- (1) 普通数字电话功能；
- (2) 数据文件传输功能；
- (3) 可视电话功能。

## 统一的通信王朝

1970年，当世界上第一台时分数字程控交换机问世的时候，它的设计者就曾预言：数字交换和数字传输的结合必将产生一个通用的信息传送网络：20多年过去了，这个梦想正在逐步变成现实。

1983年综合业务数字网的雏形在英国产生，1985年原联邦德国、瑞典、法国等西欧国家开始了综合业务数字网的实验工作，1988年投入商用。

在我国，国家第七个五年计划开始对综合业务数字网进行技术研究工作；到第八个五年计划（1991~1996年）开展了综合业务数字网的实用化研究；到本世纪末，综合业务数字网的一些业务将在大城市展开。

由此可见，综合业务数字网已经在数字电话网的基础上脱颖而出，在世界上很多国家以崭新的面貌运行。综合业务数字网不仅以迅速、准确、经济、可靠的方式提供目前各种通信网络中现有的业务，而且将通信和数据处理结合起来，开创了很多前所未有的新业务，展示了强大生命力。综合业务数字网已被公认为通信网的发展方向，它最终将成为一种全球性的通信网络。综合业务数字网的出现对于当今世界上每个国家的政治、经济、文化以及人们的生活都将产生深远的影响。

## 会思考的通信网——漫谈智能通信网

### 免费电话

如果你到欧美一些国家旅行，就会发现许多商品的外包装上都印着一个类似的电话号码：800××××，在这个电话号码旁边的说明也许是：如果你在使用本商品中遇到什么问题或是有什么疑问要咨询本公司，请打此电话号码。看完这行说明，你也许会恍然大悟，不就是售后服务的热线电话吗！这种想法只对了一小部分。的确，它是一个售后服务的热线电话，而且是一个免费的热线电话，但是在这个电话号码背后，是通信网的又一次革命，如果你试着打这个电话，你也许不觉得，事实上通信网中就会有一台大型计算机为你服务。那好，不妨试一下。

假设你手中这个商品的生产厂家在美国的西海岸，这个生产厂家在西海岸的A城、B城，东海岸C城、D城设有售后服务处，其中A城和C城的售后服务处是昼夜服务的，B城和D城的售后服务处是只在白天才进行服务。而你现在住在东海岸的D城。某一天中午，你发现刚买的商品坏了，需要公司派人来维修。当然，你拨通800××××，假设8001234，位于D城的售后服务处立刻会有人上门服务，将坏了的商品修好。可是修好的商品刚用到晚上，又坏了（天知道这个商品质量怎么这么差！）。于是，你又得拨打8001234，请求服务，可这次上门服务的不再是D城的售后服务处，而是C城的售后服务处了。

同样，对于住在西海岸B城的此商品用户，同样拨打8001234，白天为用户服务的是B城的售后服务处，到晚上，再拨打8001234，接电话的已是A城的售后服务处的人员了。

同一个售后服务电话8001234，为什么在不同的地点，不同的时间拨打会产生不同的结果呢？难道这个电话号码8001234，自己认识路，能自动找到与你住的地方距离最近而且能在此时提供服务的售后服务处？

的确，8001234是能认识路，这种认识路的能力就是由智能通信网赋予它的。

在国外，与8001234类似的电话号码统称为800号业务。它是一种被叫付费业务，一些大型商场或公司及服务性行业为了便于推销产品、方便顾客预订车票、机票和旅馆，愿意为顾客承担长途、市话的费用。顾客则可以免费呼叫该单位，智能网自动将话费记在被叫帐单上。

你在拨打8001234时，这个号码及其一些相关信息将送到智能网中的一台称之为SCP的大型计算机中，由SCP进行分析，该将这个8001234的售后服务电话接到哪个售后服务处去。如果SCP认为此时应将用户打来的8001234接到B城的售后服务处，则SCP将把8001234翻译成B城的售后服务处的电话号码，比如是2011232，这样顾客打的8001234已不知不觉中转到了2011232这个电话号码上。

## 什么是智能网

智能网在世界上已广泛地为人所接受，那么什么是智能网？它的概念是什么？这个问题成为我们普遍关心的问题。

国际上给智能网下了这样一个定义：

所谓智能网是一个产生和提供电信业务的结构概念，它有以下几个特点：

1. 广泛使用了信息处理技术，如前节提到的 SCP，实质上就是一个带有很大数据库的大型计算机。
2. 有效地使用网络资源。
3. 模块化的网络功能。
4. 用可多次使用的标准网络功能产生和提供综合业务。
5. 在物理实体之间灵活分配网络功能。
6. 可移置网络功能到物理实体。
7. 网络功能之间经过业务独立接口进行标准的通信。
8. 通过网络功能的结合，业务提供者存取组成业务的处理。
9. 用户特定业务属性的业务用户控制。
10. 业务逻辑的标准管理。

总之，智能网目的是使通信网能迅速地、经济地提供用户所需的各类新的电信业务，使用户对网络有更强的控制功能和更大的灵活性。在网络单元之间重新分配网络功能，智能网依靠 7 号信令网和大型数据库来支持，不仅能传送和交换信息，还能存储和处理信息，一旦需要增加新业务，可不用改造交换机，只要在大型数据库中增加几个模块即可，并且不会对正在运营的业务产生任何影响。

智能网结构的提供将促进新业务的迅速引进，它的结构能应用于各种类型的电信网，包括电话网，数据网，综合业务数字网等。

智能网除了 800 号业务以外，还能为用户提供几十种特别服务，这里仅举几种为例：

1. 个人通信业务。有些人员，其工作或停留地点流动性很强，没有固定的电话号码可用。为解决此类困难，在智能网中可为之分配一个“个人号码”。申请此号码的人员每到一处，将其所处位置的电话号码通知智能网。这样，所有针对此“个人号码”的呼叫将全部转到此人所处位置的电话号码上。所以，无论此人员在何处，只要他向智能网进行了登记，拨打他的“个人号码”就能找到他。

2. 电话选票。在进行选举时，投选票和对选票进行统计是一件很麻烦的事情。有了智能网以后，人们将所投的票通过电话通知智能网，由智能网对选民们投的票进行分析统计，产生投票结果。

3. 信用卡业务。电话用户可以通过通信公司发行的信用卡呼叫任何一个电话用户。当用户使用信用卡进行呼叫时，智能网所要做的是：首先查询该卡是否有效及其余额是否足以支付本次呼叫的费用，在确认该卡有效并足以支付本次呼叫的费用后，为用户建立连接，最后在通话结束时将计费信息通知 SCP。

4. 虚拟专用网业务。虚拟专用网与目前的专用网不同，目前的专用网有自己的交换局和传输电路，而专用虚拟网则是通过公用网来提供专

用网的特性和功能。它是在智能网中建立专门的数据库来达到在公用网中建立专用网的目的。

5. 虚拟小交换机业务。目前各单位使用的小交换机只能为集中在某一区域内的一片用户服务。如果某公司在城南和城北各有一个办事处，这两个办事处是无法使用一个小交换机的。而在智能网中情况就不一样了，通过修改智能网中的数据库，在公用网中形成该单位的虚拟小交换机。无论该单位下属单位在地理上多么分散，相互之间的联系仍像使用同一台小交换机一样，如内部通用的缩位拨号等。

## 智者千虑

智能网的总体结构如图 67 所示，它包括五种基本元件：业务交换点（SSP） 业务控制点（SCP） 业务管理系统（SMS） 智能外设（IP） 七号信令系统等

下面我们逐一介绍各个元件。

### 1. 业务交换点（SSP）

SSP 是一个模块，它允许交换系统在能接通呼叫之前识别出哪些是需要专门处理的呼叫。SSP 存有一张触发器表，该表列出诸如拨号数字之类的所有信息，这些信息促使 SSP 向业务逻辑解释器（SLI）询问，以收集处理呼叫的指令及信息，该触发器表还存有有关应向何处询问服务逻辑的信息。SSP 还提供一组标准接口来让 SLI 接入该交换系统内的一组功能部件（FC），例如，主叫用户拨的号码数字可以触发一个向 SLI 的询问，SLI 回答的指令以 FC 形式来表达，这些 FC 可以包括建立接续电路或收集更多的号码数字等等。

### 2. 业务控制点（SCP）

SCP 是一个以事务处理机为基础的系统，提供信令网接口，业务逻辑及数据库来承办各种业务。每个 SCP 远离并可接到许多交换系统。因此，可以将大量数据集中。是一大型数据库系统，并能实时地向其他网络元件提供控制指令和信息。它是智能网的核心，后面我们将详细介绍。

### 3. 业务管理系统（SMS）

业务管理系统是一个操作、维护、管理及监视系统，它允许用户能够管理自己的数据；生成报表，收集网络管理消息，并执行一些业务逻辑的测试功能。

在整个智能网中，SMS 对于网络的其他部件，如 SCP，IP 和 SSP 等进行管理。通过业务建立环境，SMS 可以使业务提供者组建、配置并且管理新业务。

### 4. 智能外设 IP

IP 是提供一种或多种电信能力的网路元件，它可以允许新技术被引用到网路之中，并允许网路取得高度专门化的、不经常用的那些能力。例如，文字与语音交换、语音识别、传真的存储转发等等，而又不需要在交换系统中做大量工作。智能网装有与 IP 的标准接口。

### 5. 七号信令系统

在智能网中，网络各个元件之间的信息传递和控制信令的发送都是通过七号信令系统，它是智能网的神经中枢。

另外，智能网还有一些模块，我们简单介绍如下。

#### 1. 业务逻辑解释器 SLI

SLI 存储了为智能网提供呼叫处理指令所必须的逻辑及数据，以 FC 表达的常用数据结构中定义的业务逻辑程序被 SLI 处理，以回答来自网的询问。

#### 2. 网路信息数据库 NID

NID 存储诸如用户名称及地址，用户及网路性能及路由选择这一类数据，以提供数据检索。

#### 3. 网路能力管理器 NCM

NCM 提供了将来智能网能力升级的余地。

为了更透彻地了解智能网，我们用分层结构来解释智能网，如图 68 所示。

智能网的概念可以分成两层，即智能层和传输层。其中传输层主要由业务交换点及传输链路组成，它基本上没有什么智能，只能简单地提供业务执行所需要的硬件，并为各种业务要求提供接入环境；另一层为智能层；其功能主要为业务和设备控制以及网络管理，其中最重要的网络实体是业务控制点（SCP）和业务管理系统（SMS）。

智能网的概念通过将业务执行所需要的硬件和业务控制所需要的软件分开，大大提高了业务建立的速度。因为，在这种结构中，要生成新业务只需要改动很少的软件即可。

## 业务交换点 SSP

业务交换点 SSP 的功能是从用户接收驱动消息，识别其是否是针对智能网的呼叫，若是，则通过服务逻辑向集中数据库发询问信息，再接收从智能网控制部分发回的指令，执行接续或拆除连接功能。此外，SSP 还根据控制部分的要求，检查某种状态是否出现，若出现，则将相应信息传给控制部分。SSP 还负责同智能外设一道协同

工作，包括启动这些设备和接收数码等。

SSP 的功能如图 69 所示。

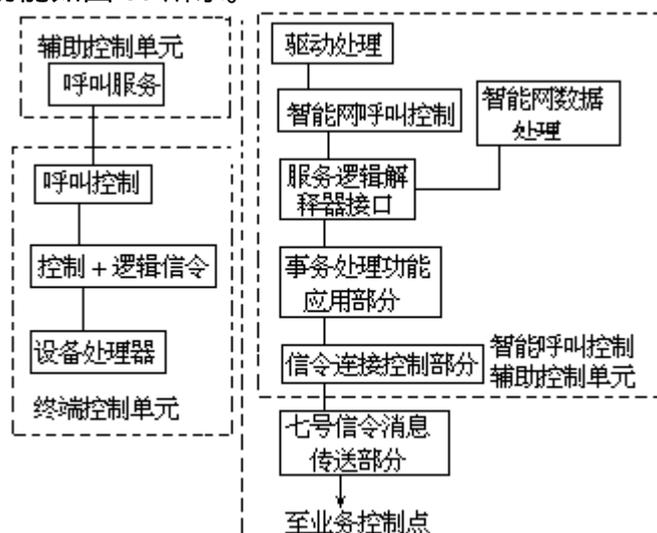


图69 SSP的功能

由图可见，SSP 的功能可以分成四种类型：

第一种：呼叫处理与控制，它包括驱动处理与智能网呼叫控制两部分。

第二种：数据处理，即智能网数据处理器。

第三种：执行接口，即服务逻辑解释器的接口。

第四种：信令接口，包括七号共路信令的事务处理功能应用部分和信令连接控制部分。

图 69 还同时说明智能网与现有网的关系，图中虚线右侧部分已如上所述，为 SSP 的智能功能结构；虚线左侧部分表示基本呼叫处理功能结构，它们包含在原有交换机的功能之中；两侧功能通过“呼叫控制”沟通。

业务交换点面向用户端的接口，可以是六种情况，第一种是普通电话用户；第二种是数字用户，这里的数字用户指的是综合业务数字网的用户；第三、四、五种是 SSP 之间的连接；最后一种是通过普通脉冲话机接入。

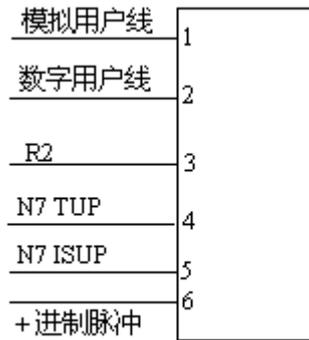


图70 SSP的各种接法

原有电话网中的数字程控交换机皆可作为智能网中 SSP 的基础，当然应再加必要的软件、硬件以及与共路信令网的接口。世界上几家最大的数字程控交换机生产厂家，都在竭力使自己的交换机适应智能网的要求。例如，美国电报电话公司（AT&T）的 5ESS 型交换机；法国阿尔卡特公司（Alcatel）的 E10 型交换机；比利时的 S12 型交换机；德国西门子公司（Siemens）的 EWSD 型交换机；加拿大北方电信公司（NT）的 DMS100/200 以及瑞典爱立信公司（Ericsson）的 AXE10 型交换机都可配备智能网所需的软硬件，美国 AT&T 与 GTE 公司于 1989 年 1 月联合开办的 AGCS 公司，将其目标定为“增加交换机的智能”，该公司已生产出提供多种业务的智能交换机。

## 业务控制点 SCP

SCP 包括一组接收询问和提供应答的计算机，内部采用了高速、大容量的存储器，以多台计算机控制提高系统的可靠性。它可以处理多种不同的任务，在半秒钟内就能够处理一个呼叫并向业务交换点提供指令。为了实现七号信令系统协议，这里有专门的计算机来进行七号信令通信控制。SCP 通过此计算机就可和外界进行七号信令的通信。

业务控制点主要由硬件、管理软件及数据库组成，它实际上就是一个完整的计算机系统。目前，已开发智能网的国家一般采用大、中型计算机作 SCP。例如法国阿尔卡特公司采用 A8300 计算机，美国地区则采用的是 VAX8600 型计算机。

SCP 的主要功能是接收 SSP 送来的查询信息并查询数据库，经验证后进行地址翻译和指派传送信息的公司，最后向相应的 SSP 发呼叫处理指令，智能网能提供的所有业务，其控制功能都集中在 SCP，为完成这些功能，SCP 的软件有五个部分，每部分软件的作用如下：

1. 节点管理：管理整个 SCP 节点，为整个节点记录、分析错误，处理故障，逐步升级地实施恢复动作、检测节点过载状态，监视系统是否正常工作。总之，使多个计算机协调工作，使整个智能网和支持系统的结合如同一个整体。

2. 信令网接口：在 SCP 中进行七号信令的协议处理，这种处理由专门的计算机完成。另外，信令网接口还负责通信协议的测试，出错处理等。

3. 支持系统接口 (SSI)：与支持系统间进行通信。

4. 数据库管理 (NA)：使数据输入与备用、提取等协调工作，采用数据查号设施后，还可灵活存取数据。

5. 维护与运行 (M&O)：为技术人员维护与运行 SCP 提供支持，一个维护运行控制台用于监控 SCP 中每个部分的控制信息，为重新组织系统结构、诊断、故障定位而提供控制，控制台上还有 SCP 的告警——有声及可视指示器向维护人员指示各种异常状态。

以上简单介绍了智能网的总体结构，下面我们以一个简单的智能网应用实例来结束本章。

假设某甲向智能网登记了一项呼叫转送业务，登记这项业务意味着甲向智能网申明：如果有电话打到我家，而我又不在家中，请自动把电话转到我办公室中的电话上来。

某天，某乙向甲家中打电话，恰巧甲不在家，下面我们可以看看智能网是如何将乙的电话转到甲的办公室中。

呼叫转送的过程：

1. 乙摘机；
2. 乙听见拨号音；
3. 乙拨甲家中电话号码；
4. 乙侧的 SSP 将甲本身的号码以及乙拨的号通过七号信令传给甲侧的 SSP；
5. 甲侧 SSP 发现甲不在家，将此情况通知 SCP；
- 6a. SCP 将甲办公室的电话号码送给用侧 SSP；

- 7a . 甲侧 SSP 给甲办公室中的电话振铃 ;
- 8a . 甲提起电话进行通信 ;
- 6b . SCP 发现乙不能享受此项服务 , 将此结果通知甲侧 SSP ;
- 7b . 甲侧 SSP 将此信息通知 IP ;
- 8b . IP 通过甲侧 SSP 向乙发通知 “ 你不能享受此项服务 ” 。

