

# 通信技术概论

---

主 编： 徐少敏

编 委： 徐少敏 钱为民 张 薇  
程加斌 韩献光 李燕蒂  
朱年国 张 哲 吕立新

深圳市华为技术有限公司

编 委 会

# 通信技术概论

资料版本 V1.0

日 期 1998 年 10 月

---

深圳市华为技术有限公司©1998

1998年版权所有，保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部，并不得以任何形式传播。

HUAWEI®、华为®、C&C08®、EAST8000®、HONET®、视点®、ViewPoint®、INtess®、ETS®、万维通快车站®、DMC®、SBS®、TELLIN®、InfoLink®、NetKey®、Quidway®、SYNLOCK®均为深圳市华为技术有限公司的商标，不得仿冒。

Copyright© 1998 by Huawei Technologies Co., Ltd.

All Rights Reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

HUAWEI®, 华为®, C&C08®, EAST8000®, HONET®, 视点®, ViewPoint®, INtess®, ETS®, 万维通快车站®, DMC®, SBS®, TELLIN®, InfoLink®, NetKey®, Quidway®, SYNLOCK® are registered trademarks of Huawei Technologies Co., Ltd.

# 前 言

华为技术经过十年的磨练，向着“同步世界潮流、服务祖国电信”的目标不断创新和发展壮大。今天的华为技术足以令 ERICSSON 和 MOTOROLA 刮目相看，华为的通信产品广泛涵盖了交换、无线、传输、接入、数据通信等领域，提供了通信网的全方位解决方案。C&C08、M900、ETS、HONET、SBS、Quidway 等品牌遍布在市话网、商业网以及各种专网中得到广泛应用，深受海内外用户欢迎。

为了帮助大家更好地了解华为产品，华为公司编委会与邮电院校合作编写了“华为技术与产品入门”系列丛书，这套丛书包括：

- 1、《通信技术概论》
- 2、《程控交换技术》
- 3、《智能网》
- 4、《SDH 数字同步光传输技术》
- 5、《数据通信技术》
- 6、《无线通信技术》
- 7、《ATM 技术》
- 8、《接入网技术》
- 9、《电信支撑网》

本套丛书深入浅出地介绍了华为产品的原理、结构、特点和业务性能等，尝试用通俗易懂的语言将复杂的电信网络展现在具有不同知识结构的读者面前。

## 读者对象

**本套丛书适用于以下读者阅读：**

- ◆ 华为公司新员工
- ◆ 华为公司非开发人员
- ◆ 华为公司用户及电信技术人员

## 目 录

第一章 通信与通信系统概述 .....	1
1.1 信号与系统 .....	2
1.1.1 信号 .....	2
1.1.2 系统 .....	3
1.2 通信系统的组成及工作原理 .....	3
1.2.1 信源 .....	4
1.2.2 发送变换器 .....	4
1.2.3 信道 .....	4
1.2.4 接收变换器 .....	5
1.2.5 通信系统 .....	5
1.3 通信系统的分类 .....	6
1.3.1 按信源划分类 .....	6
1.3.2 按传输媒介分类 .....	7
1.3.3 按传输信号的特征分类 .....	7
第二章 信号的传输与交换 .....	11
2.1 模拟信号的调制与传输 .....	12
2.1.1 线性调制（幅度调制） .....	12
2.1.2 非线性调制（角度调制） .....	13
2.1.3 频分复用(FDM) .....	13
2.2 模拟信号的数字化——脉冲编码调制（PCM） .....	15
2.2.1 模拟信号数字化的方法 .....	15
2.2.2 时分复用 .....	18
2.2.3 数字基带传输系统 .....	22
2.2.4 数字调制传输 .....	23
2.3 数字信号的传输系统 .....	24
2.3.1 有线传输系统 .....	24
2.3.2 无线传输系统 .....	26
2.4 信号交换 .....	36
2.4.1 交换机的分类 .....	38
2.4.2 程控交换机的基本结构 .....	40
2.4.3 程控交换机的软件组成 .....	42
2.4.4 现代通信网中的信号交换 .....	43
第三章 光纤通信系统 .....	48
3.1 光纤的结构与分类 .....	49
3.1.1 光纤的结构 .....	49
3.1.2 光纤的分类 .....	50
3.2 光纤的传输特性 .....	52
3.2.1 传输损耗 .....	52
3.2.2 色散特性 .....	52

3.3	光缆的结构和种类.....	52
3.3.1	缆芯 .....	53
3.3.2	加强元件 .....	53
3.3.3	护套 .....	53
3.4	光纤通信系统的组成.....	53
3.4.1	光纤通信系统的信号传递过程.....	54
3.4.2	光纤通信设备的组成.....	54
3.4.3	数字光纤通信系统的线路码型.....	58
第四章	通信网 .....	59
4.1	通信网的种类.....	60
4.2	通信网的拓扑结构.....	60
4.2.1	网型网 .....	61
4.2.2	星型网 .....	61
4.2.3	复合型 .....	61
4.2.4	环型网和总线型网.....	62
4.3	通信网的分类.....	62
4.3.1	按使用范围分类 .....	62
4.3.2	按业务划分分类 .....	63
4.3.3	按运营方式的划分分类.....	63
4.3.4	按传输信号的形式分类.....	63
4.4	综合业务数字网(ISDN).....	64
4.4.1	综合数字网(IDN).....	64
4.4.2	综合业务数字网的基本概念及特点.....	66
4.4.3	ISDN 的业务终端 .....	68
4.4.4	ISDN 的用户/网络接口 .....	69
4.4.5	ISDN 交换机.....	71
4.4.6	宽带综合业务数字网(B-ISDN).....	73
第五章	通信技术的发展方向 .....	79
5.1	通信网的数字化.....	80
5.2	通信网的综合化.....	80
5.2.1	业务的综合 .....	80
5.2.2	传输与交换的综合.....	81
5.2.3	通信与计算机的综合.....	81
5.3	通信网的宽带化.....	81
5.3.1	高速大容量的光传送网.....	81
5.3.2	宽带通信网 .....	82
5.3.3	宽带接入网 .....	82
5.3.4	宽带数据网互连技术.....	83
5.3.5	异步转移模式 ATM 和 B-ISDN .....	83
5.4	通信网的智能化.....	83
5.5	通信的个人化.....	84
5.6	通信的全球化.....	85
5.6.1	IP 交换概念的提出 .....	85
5.6.2	第三层交换概念的提出.....	86

第六章 华为通信产品综述 .....	88
6.1 华为公司主要产品系列.....	89
6.1.1 交换网络 .....	89
6.1.2 传输网络 .....	89
6.1.3 接入网 .....	89
6.1.4 有线电视（CATV）网络 .....	89
6.1.5 GSM 网络.....	89
6.1.6 数字微蜂窝系统 .....	89
6.1.7 ETS 无线接入系统 .....	89
6.1.8 多媒体通信 .....	90
6.1.9 多媒体综合信息服务系统.....	90
6.1.10 电信支撑网 .....	90
6.1.11 智能网 .....	90
6.1.12 数据通讯产品 .....	90
6.1.13 电源产品系列 .....	91
6.1.14 终端产品 .....	91
6.1.15 其它 .....	91
6.2 华为主要产品概述.....	91
6.2.1 与交换网部分有关的产品.....	91
6.2.2 与传输网有关的产品.....	93
6.2.3 与接入网有关的产品.....	95
6.3 华为产品在现代通信中的应用 .....	98

## 插图

图 1.1 时间连续的模拟信号 .....	3
图 1.2 时间离散的模拟信号 .....	3
图 1.3 数字信号 .....	3
图 1.4 通信系统的基本模型图 .....	4
图 1.5 模拟通信系统的基本组成图 .....	8
图 1.6 数字通信系统的基本组成图 .....	8
图 2.1 三路电话信号的频分复用系统 .....	14
图 2.2 对模拟信号的抽样 .....	16
图 2.3 13 折线示意图 .....	17
图 2.4 PCM 基群帧结构 (30/32) .....	20
图 2.5 SDH 复用结构及传输速率 .....	21
图 2.6 基带传输系统的基本结构 .....	23
图 2.7 传统用户接入网结构示意图 .....	25
图 2.8 DSL 系统的配置 .....	25
图 2.9 无线传输系统的组成 .....	26
图 2.10 地面微波中继通信示意图 .....	28
图 2.11 静止卫星配置与地球的位置 .....	30
图 2.12 移动通信网的组成 .....	32
图 2.13 GSM 的频道配置 .....	35
图 2.14 GSM 网络结构示意图 .....	35
图 2.15 六个用户相连接的情况 .....	37
图 2.16 电话交换示意 .....	37
图 2.17 时分接续交换示意图 .....	39
图 2.18 全分散控制示意图 .....	40
图 2.19 交换机的基本硬件结构图 .....	41
图 2.20 程控交换机的程序分类 .....	43
图 2.21 分组交换原理图 .....	44
图 2.22 ATM 信元结构示意图 .....	46
图 3.1 裸光纤剖面结构示意图 .....	49
图 3.2 光纤芯线的剖面结构示意图 .....	50
图 3.3 光纤纤芯折射率的剖面分布图 .....	51
图 3.4 光纤通信系统的基本结构图 .....	54
图 3.5 发送光端机原理图 .....	55
图 3.6 接收光端机原理图 .....	56
图 3.7 光再生中继器原理图 .....	58
图 3.8 掺铒光纤放大器原理图 .....	58

---

图 4.1 通信的互连方式 .....	61
图 4.2 通信网的基本拓扑结构 .....	61
图 4.3 综合后的数字传输 .....	64
图 4.4 IDN 组成图 .....	65
图 4.5 IDN 示意图 .....	67
图 4.6 ISDN 示意图 .....	67
图 4.7 ISDN 用户接入网络的参考配置 .....	70
图 4.8 ISDN 交换机的功能结构图 .....	72
图 4.9 B-ISDN 的一种网络结构模型 .....	75
图 4.10 二级交换的通信网基本组成示意图 .....	77
图 5.1 IP 交换机的结构 .....	86
图 6.1 华为通信产品在现代化通信网中的应用 .....	98

## 表 格

表 1.1	常用传输介质及其用途 .....	7
表 2.1	PCM 的群路等级.....	21
表 4.1	ISDN 用户/网络接口种类和参数.....	71
表 4.2	B-ISDN 的主要宽带业务和窄带业务 .....	73
表 4.3	B-ISDN 的业务类型.....	74

## 第一章 通信与通信系统概述

—— 克服地域、时空障碍，迅速、及时地传递信息是通信的基本任务。

人类社会要进行信息交流就离不开通信，通信是推动人类社会文明、进步与发展的巨大动力。现代人类社会已进入信息时代，现代通信系统就是信息时代的生命线。由于人们要进行交换的信息已不再是单一的电话业务，而是集声、图、文为一体的综合性的多种信息服务，因此现代通信网应是一个综合业务数字网。为适应世界性的政治与经济活动的需要，人们已经建立起世界性的全球通信网，现代通信已成为最重要的信息技术服务。

**本章主要内容：**

- 信号与系统
- 通信系统的组成及工作原理
- 通信系统的分类

## 1.1 信号与系统

### 1.1.1 信号

#### 1. 信号传递方式

通信的任务是传递信息。人类社会中需要传递的信息可以是声音、文字、符号、音乐、图像和数据等。

在现代通信技术中，主要运用的传输方式是电通信技术，即以电信号的形式来传递信息。在实际通信中以电的形式来传递信息，首先是在发送端采用传感器将一般的信息转换成电信号，然后再在接收端将收到的电信号还原。

随着通信技术的发展，将会出现一种与上述通信方式完全不同的技术——全光通信。全光通信首先是在发送端将各种信息转换成光信号发送出去，然后再在接收端把光信号还原，即信息的传递是以光传输方式进行的。

注：本书所讨论的“信号”是指电信号。

#### 2. 信号的分类

电信号通常分为模拟信号和数字信号两大类。

##### 1) 模拟信号

模拟信号是指电信号的某一参量的取值范围是连续的，因此可有无限多个取值，如话筒产生的话音电压信号，摄像机所产生的图像电流信号等。

模拟信号通常是时间连续函数，也有时间离散函数的情况，但无论时间是否连续，其取值一定是连续的。最简单的模拟信号如图 1.1 所示，图 1.2 为时间离散的模拟信号。

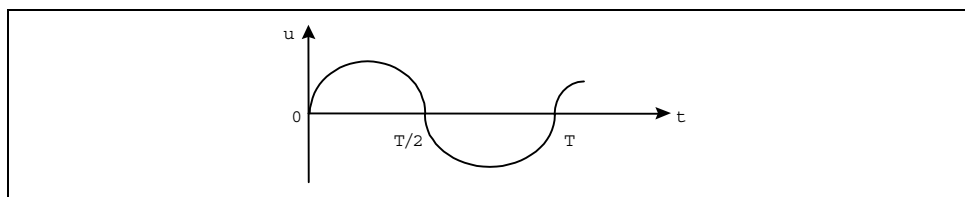


图 1.1 时间连续的模拟信号

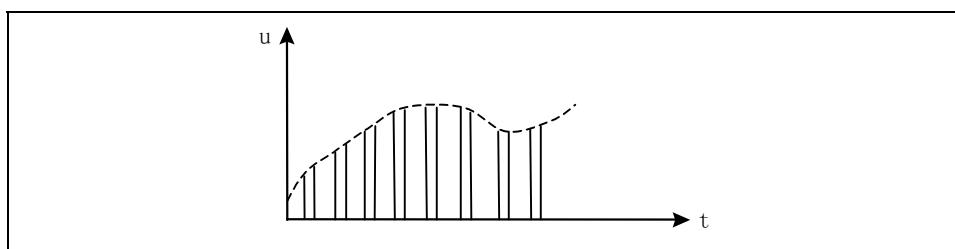


图 1.2 时间离散的模拟信号

## 2) 数字信号

数字信号是指电信号的某一参量携带着离散信息，其取值是有限个数值，如电报信号、数据信号、遥测指令等。如图 1.3 所示。

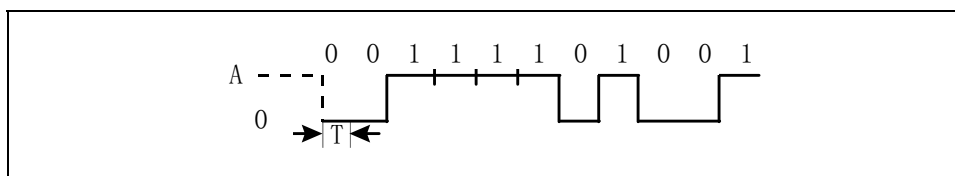


图 1.3 数字信号

### 1.1.2 系统

实现信息转换成信号这一过程的全部技术设备和设施统称为系统。在通信领域中将实现通信过程的全部技术设备和设施称为通信系统。

## 1.2 通信系统的组成及工作原理

通信是将信息从发信者传递给在另一个时空点的收信者。由于完成这一信息传递的通信系统的种类繁多，因此它们的具体设备和业务功能可能各不相同。

同，经过抽象概括，通信流程可用图 1.4 所示的基本模型图来表示。整个流程是由信源、发送变换器、信道（或传输媒质）、接收变换器和受信者（信宿）等五部分组成。

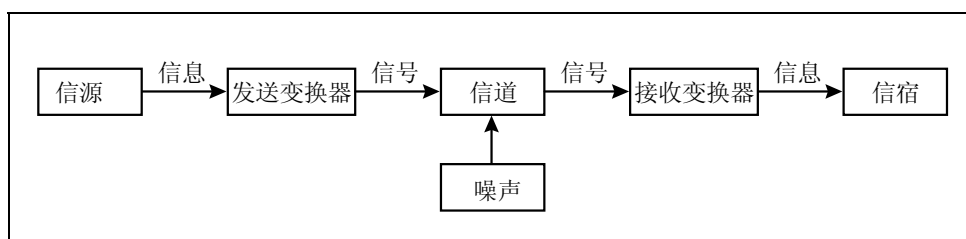


图 1.4 通信系统的基本模型图

### 1.2.1 信源

信源是信息的产生或信息的形成者。根据信源所产生信号的性质不同可分为模拟信源和离散信源。

模拟信源（如电话机和电视摄像机等）输出幅度连续的信号；离散信源（如电传机、计算机等）输出离散的符号序列或文字。模拟信源可通过抽样和量化变换为离散信源。随着计算机和数字通信技术的发展，离散信源的种类和数量会愈来愈多。这里需强调指出，随着信源和接收者的不同，信息的速率将在很大的范围内变化。例如，一电传打字机的速率为 50bit/s，（速率的含义及单位将在后面介绍），而彩色电视的速率为 270Mbit/s。由于信源产生信息的种类和速率不同，因而对传输系统的要求也各不相同。

### 1.2.2 发送变换器

发送变换器的基本功能是将信源和传输媒介匹配起来，即将信源产生的消息信号变换为利于传送的信号形式送往传输媒介。变换方式是多种多样的，在需要频率搬移时，调制是最常见的变换方式。发送变换器还包括为达到某些特殊要求所进行的各种处理，如多路复用、保密处理和纠错编码处理等。

### 1.2.3 信道

信道是指信号传输的媒介，信号是经过信道传送到接收变换器的。传输媒介

既可以是有线，也可以是无线，二者都有多种物理传输媒介。

在信号传输过程中，必然会引入发送变换器、接收变换器和传输媒介的热噪声和各种干扰和衰落，即信号在信道中传输时，会产生信道噪声。

媒介的固有特性和干扰特性会直接影响变换方式的选取，如通过电导体传播的有线信道和通过自由空间传播的无线信道，其信号变换方式是不同的。不同频段的无线电波在空间传播的途径、性能和衰减(衰落)也是不同的。

#### 1.2.4 接收变换器

接收变换器的主要作用是将来自信道的带有干扰的发送信号加以处理，并从中提取原始信息，完成发送变换过程的逆变换——解调、译码等。对于多路复用信号，还包括多路去复用，实现正确分路。由于接收的消息信号存在噪声和传输损伤，接收变换器还可能包含趋近理想恢复的某些措施和方法。

应当指出，上述的模型是点对点的单向通信系统。对于双向通信，通信双方都要有发送和接收变换器。对于多个用户之间的双向通信，为了能实现信息的有效传输，必须要进行信息的交换和分发。由传输系统和交换系统组成一个完整的通信系统或通信网络来实现。其中交换系统完成不同地址信息的交换，因此交换系统中的每一台交换机组成了通信网中的各个节点。

#### 1.2.5 通信系统

一个实际的通信系统往往由终端设备、传输链路和交换设备三大部分组成。

##### 1. 终端设备

终端设备主要功能是把待传送的信息和在信道上传送的信号相互转换。这就要求有发送传感器来感受信息和接收传感器将信号恢复成能被利用的信息，还应该处理信号的设备以便能与信道匹配。另外还需要有能产生和识别通信系统内所需的信令信号或规约。对应不同的电信业务有不同的信源和信宿，也就有着不同的变换和反变换设备，因此对应不同的电信业务也就有不同的终端设备，如电话业务的终端设备就是电话机，传真业务就是传真机，数据业务就是数据终端机等。

## 2. 传输链路

传输链路是连接源点和终点的媒介和通路，除对应于通信系统模型中信道部分之外，还包括一部分变换和反变换设备。

传输链路的实现方式很多，一种是物理传输媒介本身就是传输链路，如实线和电缆；一种是采用传输设备和物理传输媒介一起形成的传输链路，如载波电路和光通信链路；还有一种是传输设备利用大气传播的传输链路，如微波和卫星通信链路。

## 3. 交换设备

交换设备是现代通信网的核心，其基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接和分配。对不同电信业务网络的转接，交换设备的性能要求也不同。例如，对电话业务网的交换设备的性能，其实时性强。因此目前电话业务网主要采用直接接续通话电路的电路交换方式。

对于主要用于计算机通信的数据业务网，由于数据终端或计算机可有各种不同的速率，为了提高链路利用率，可将流入信息流进行分组、存储，然后再转发到所需链路上去，这种方式叫做分组交换方式。例如分组数据交换机就按这种方式进行交换，这种方式可以比较高效地利用传输链路。

# 1.3 通信系统的分类

通信系统的分类方法很多，既可以按用途来分，也可以按传输信号的特征来分，还可以按工作方式来分。本节仅对图 1.4 所示的通信系统模型图所引出的分类方法进行讨论。

## 1.3.1 按信源划分分类

按照信源发出消息的物理特征不同可分为电话、电报、数据和图像等通信系统。其中电话通信目前最发达，其它通信常借助于公共电话通信系统传递信息。如电报通信一般采用公共电话系统中的一个话路或从话路中一部分频带进行传送；电视信号或图像信号可使用多个话路合并为一个信道进行传送。

### 1.3.2 按传输媒介分类

通信系统模型中的信道是指传输信息的媒介或信号的通道。按传输媒介分类，通信系统可分为有线（包括光纤）和无线两大类。表 1.1 列出了常用的传输媒介及其用途。

由表 1.1 中的信道可构成相应的通信系统。有线信道常用的是对称电缆、同轴电缆和光缆，由此可构成电缆通信系统和光纤通信系统。目前国际和我国长途通信系统中主要采用的是光纤通信系统，而电缆通信系统大都用在本地通信系统中。无线信道按照所使用的频段和通信手段可分为短波通信系统、微波中继通信系统、移动通信系统和卫星通信系统。

表 1.1 常用传输介质及其用途

频率范围	波长范围	表示符号	传输媒介	主要用途或场合
3Hz~30KHz	$10^8 \sim 10^4 \text{m}$	VLF(甚低频)	有线线对 (超长波)	音频、 电话、数据终端
30~300KHz	$10^4 \sim 10^3 \text{m}$	LF (低频)	有线线对 (长波)	导航、信标、 电力线、通信
300KHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2 \text{m}$	MF (中频)	同轴电缆 (中波)	AM 广播、 业余无线电
3~30MHz	$10^2 \sim 10 \text{m}$	HF (高频)	同轴电缆 (短波)	移动电话、 短波广播、业余无线电
30~300MHz	$10 \text{m} \sim 1 \text{m}$	VHF (甚高频)	同轴电缆 (米波)	FM 广播、TV、 导航、移动通信
300M~3GHz	$1 \text{m} \sim 10 \text{cm}$	UHF (特高频)	同轴电缆、波导 (分米波)	TV、遥控遥测、 雷达、移动通信
3~30GHz	$10 \sim 1 \text{cm}$	SHF (超高频)	波 导 (厘米波)	微波通信、 卫星通信、雷达
30~300GHz	$10 \sim 1 \text{mm}$	EHF (极高频)	波 导 (毫米波)	微波通信、 雷达、射电天文学
$10^5 \sim 10^7 \text{GHz}$	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6} \text{cm}$	紫外、红外光、可见光	光纤、激光	光通信

### 1.3.3 按传输信号的特征分类

根据传输信号的特征，通信系统可分为模拟通信系统和数字通信系统两大类。

## 1. 模拟通信系统

在模拟通信系统中传输的是模拟信号。图 1.5 所示的是模拟通信系统的基本组成。在图中用调制器取代图 1.4 中的发送变换器，用解调器取代了图 1.4 中的接收变换器。这里的调制器和解调器对信号的变换起着决定性的作用，直接关系着通信质量的优劣。

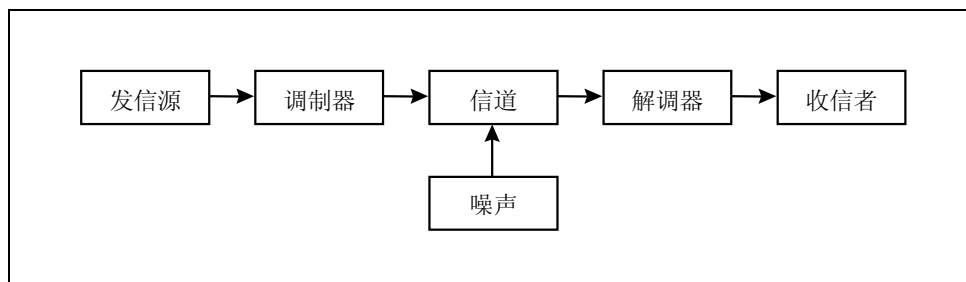


图 1.5 模拟通信系统的基本组成图

## 2. 数字通信系统

在数字通信系统中传输的是数字信号。数字通信系统的基本组成如图 1.6 所示。数字通信系统除包括调制器和解调器外，还包括信源编码器、信道编码器、信道译码器、信源译码器和同步系统等。

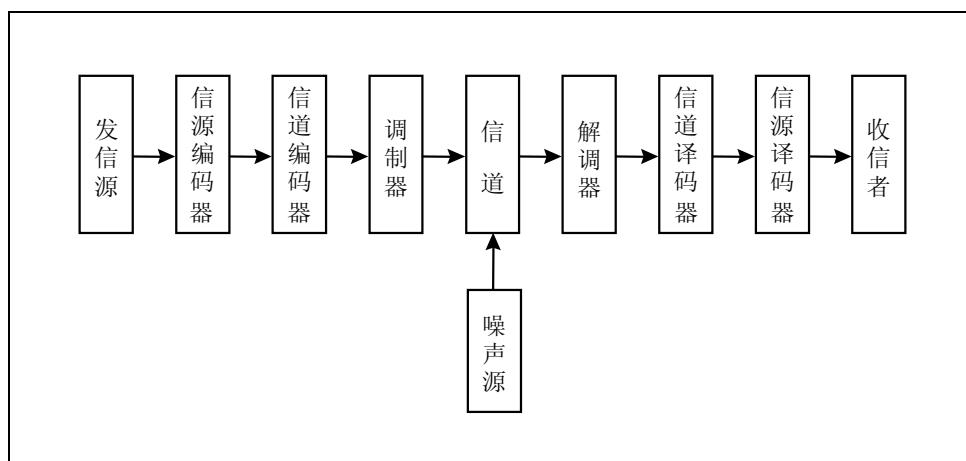


图 1.6 数字通信系统的基本组成图

### 1) 数字通信系统的组成

## a) 信源编码器

信源编码器的主要作用是提高数字信号传输的有效性。如果信息源是数据处理设备，还要进行并/串变换，以便进行数据传输。通常的数字加密也可归并到信源编码器中。收端的信源译码是信源编码的逆变换。

## b) 信道编码器

信道编码器主要是为了提高数字信号传输的可靠性。由于传输信道内噪声的存在和信道特性不理想造成的码元间干扰，通信系统很容易产生传输差错，而信道的线性畸变所造成的码间干扰可通过均衡办法基本消除，因此信道中的噪声是导致传输差错的主要原因。减小这种差错的基本作法是在信码组中按一定规则附加上若干监视码元（或称冗余度码元），使原来不相关的数字信息序列变为相关的新的序列，然后在接收端根据这种相关的规律性来检测或纠正接收序列码组中的误码，提高可靠性，因此信道编码器又称差错控制编码器。接收端的信道译码器是信道编码器的逆过程。

## c) 同步系统

同步系统用于建立通信系统收、发相对一致的时间关系。只有这样，收端才能确定每位码的起止时间，并确定接收码组与发送码组的正确对应关系，否则接收端无法恢复发端的信息。因此同步是数字通信系统正常工作的前提，通信系统能否有效地、可靠地工作，很大程度上依赖于同步系统性能的好坏。同步可分为载波同步、位同步、帧同步和网同步四大类。

注：对于模拟通信系统中的时分多路脉冲调制系统、图像（电视）传输系统和采用相干解调的连续波调制系统也同样存在同步问题。

## 2) 数字通信系统的特点

模拟通信系统与数字通信系统各有特点，但从总体上看，数字通信系统与模拟通信系统相比，其具有以下优点：

- a) 抗干扰能力强，数字通信系统可通过再生中继器消除噪声积累；
- b) 可采用差错控制技术，从而提高数字信号传输的可靠性；
- c) 便于进行各种数字信号处理，如计算机存储和处理，使数字通信和计算机

技术相结合而组成综合化、智能化的数字通信网；

d) 数字通信系统可使传输与交换相结合，电话、数据和图象传输相结合，有利于实现综合业务数字网；

e) 数字通信系统的器件和设备易于实现集成化、微型化。

然而数字通信系统也存在占用频带宽的缺点，但近年来卫星通信和光纤通信等宽带通信系统日趋发展成熟，为数字通信提供了足够宽的频带，因而相比之下，此缺点就不显得突出了。

## 第二章 信号的传输与交换

传输和交换是通信系统不可缺少的两种功能。根据信号传输的特点，可以分成不同的传输类型。若信道中传输的信号是基带信号，则这系统就称为基带传输系统；若信道中传输的信号是已调高频信号，则称这系统为频带传输系统；若传输的信号是数字基带信号，那么此系统就称为数字基带传输系统。频带传输系统传输信号时首先要将基带信号经调制器将其转换为高频信号后再送入信道。本章主要对各种通信系统及信号调制的基本原理作简要概述。

### **本章主要内容：**

- 模拟信号的调制与传输
- 模拟信号的数字化
- 模拟信号的传输系统
- 信号与交换

## 2.1 模拟信号的调制与传输

在第一章中已指出：模拟信号是指电信号的某一参量的取值范围是连续的，因此可有无限多个取值的信号，而在信道中传送模拟信号的通信系统就称为模拟通信系统。

由模拟信号源变换来的电信号（称为模拟基带信号），具有较低的频谱，一般来说，这种信号不适于在信道中传输，有人也称为这种信号对信道不匹配，需要将这种低频的模拟基带信号搬移到适于信道传输的高频段去发送。这种频谱搬移过程就称为调制，经调制后的信号称为已调信号。已调信号通过信道传输到接收端后，则需要将收到的已调信号再搬移到低频的原始基带频谱上，以恢复原始信号，这一搬移过程称为解调。模拟调制和解调是模拟传输系统的重要组成部分。

严格地说，调制就是按被传输的基带信号（称为调制信号）的变化规律去改变被调载波的某一参数，如幅度、频率和相位等。其调制方式因载波不同分为用正弦高频信号作载波的正弦型调制和用脉冲串作载波的脉冲调制。

目前常见的正弦模拟调制方式有幅度调制和角度调制两种。幅度调制又分为振幅调制(AM)、双边带载波抑制调制(DSB)、单边带调制(SSB)和残余边带调制(VSB)等。频率调制(FM)则是一种应用非常广泛的角度调制方式。脉冲调制则是使被调脉冲串的幅度、脉冲宽度或位置随基带信号的变化而变化，从而形成了脉幅调制、脉宽调制和脉位调制。下面仅对常用调制方式的调制原理作简要介绍。

### 2.1.1 线性调制（幅度调制）

幅度调制是指使高频正弦型载波的幅度随调制信号（即基带信号）变化作线性变化，所以幅度调制是属于线性调制。

从波型上看，已调信号的幅度随调制信号幅度的变化而变化。从频谱上看，信号已从基带频谱搬移到某个高频段，而且它的频谱结构完全是基带频谱结构在频域上的简单搬移。由于这种搬移是线性的，因此又称为线性调制。线性调制又分为双边带载波抑制调制、单边带调制（SSB）和残余边带调制（VSB）等，这主要是靠适当的选择带通滤波器的特性来实现的。

### 2.1.2 非线性调制（角度调制）

非线性调制如同线性调制一样，也要进行频谱搬移，但是它搬移后的频谱不再保持原基带信号的频谱结构，也就是说，已调信号的频谱与基带信号频谱之间存在非线性变换关系。这种非线性调制信号的特点就是载波的振幅不变，而载波的频率或相位随基带信号变化，因频率或相位的变化均可看作载波的角度变化，所以这两种调制系统称为角度调制。

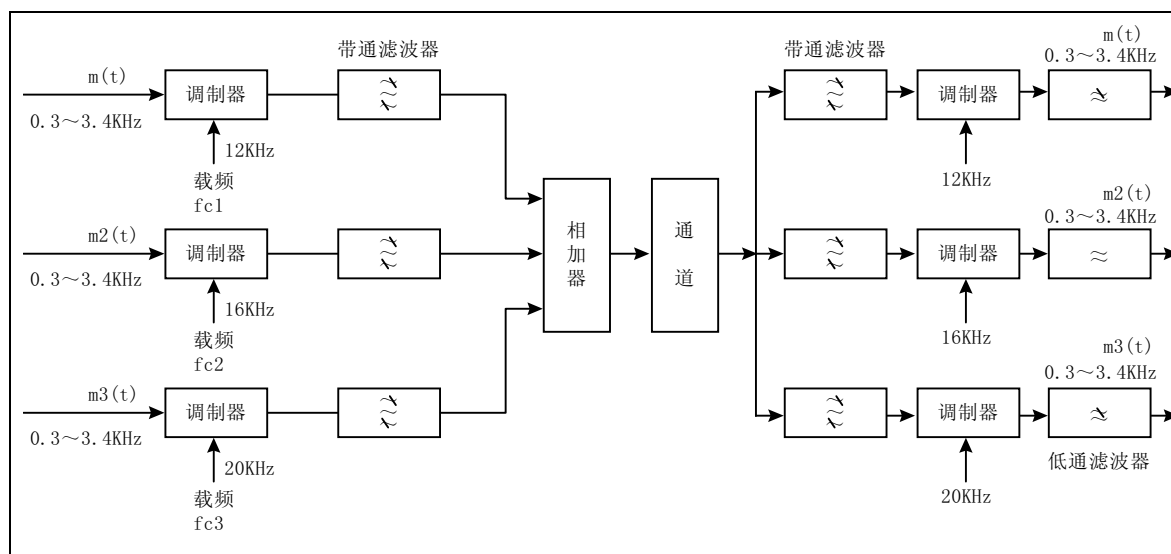
所谓频率调制（FM）是指已调信号的瞬时频率偏移随基带信号成比例变化。

用于解调 FM 信号的电路或部件常称为鉴频器，它的输出电压与输入信号的频偏成正比。鉴频器实际上由一个起微分作用的微分器和一个包络检波器组成。

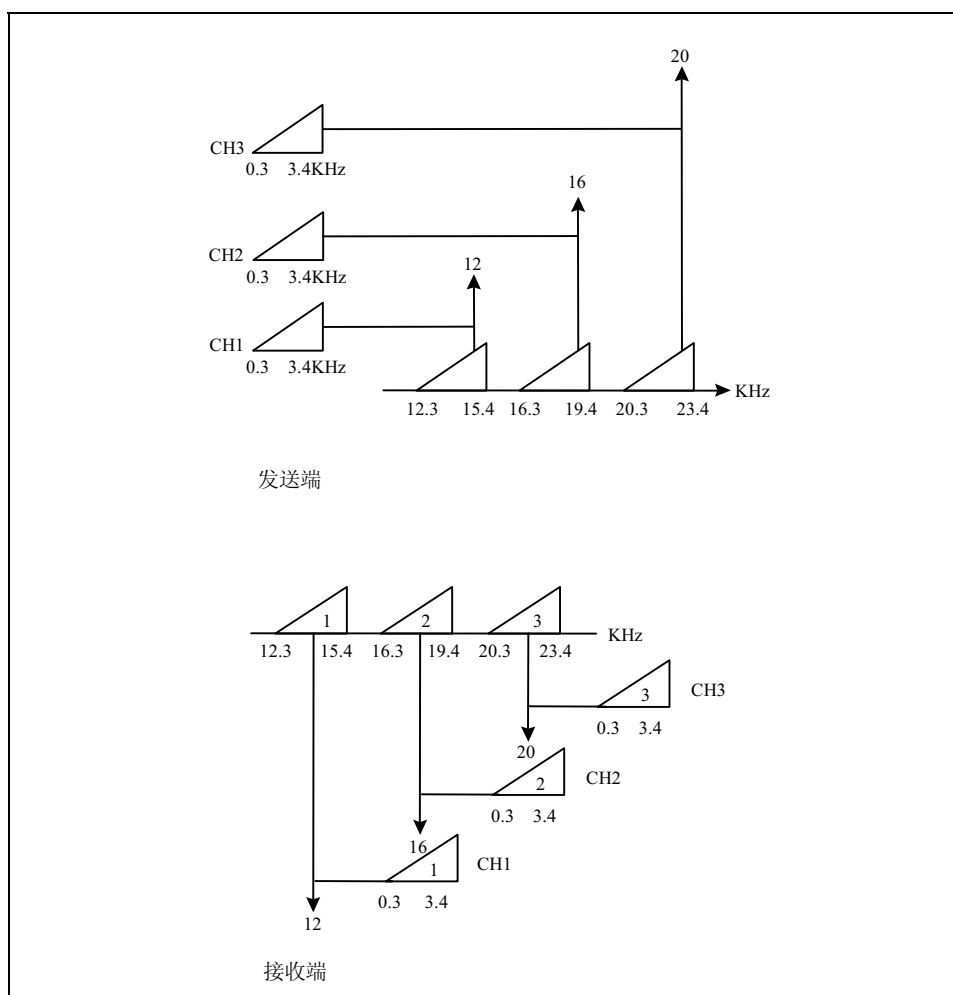
### 2.1.3 频分复用(FDM)

可以把基带信号通过各种不同的调制方法搬移到较高的频段上去。通常一般的信道带宽都大大地大于基带信号的带宽，因此在通信系统中，在信道上只传输一个基带信号是很不经济的，所以实际的通信系统都是要进行复用的。频率复用是模拟通信系统中常用的一种方法，频分复用就是借助于频谱搬移技术实现多路信号在同一信道中同时传输。

若我们要传输  $n$  路信号，每个信号的频谱均限制在  $W$  (Hz) 以下，现在我们将这  $n$  路信号分别以 SSB 方式（其它调制方式也可以）调制到  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $\dots$ 、 $W_n$  频段上，为了使各个信号的频谱在信道上不重叠，应使各个相邻载波之间的间隔至少要为  $W$  (Hz)，然后把各占据不同频率位置的几个已调信号组合在一起（即相加），再送入信道，显然这样组合的已调信号至少要占据  $nW$  (Hz) 的带宽。这种组合信号到达接收端后，用几个中心频率为  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $\dots$ 、 $W_n$ ，带宽为  $W$  (Hz) 的带通滤波器将组合信号进行滤波分离，分离后的各个 SSB 信号，再通过各自的解调器恢复出相应的基带信号。



a)



b)

图 2.1 三路电话信号的频分复用系统

由于语音信号频率为  $0.3\sim 3.4$  (kHz)，再考虑到保护频率的间隔，所以，每路载波采用  $f_{c1}$ 、 $f_{c2}$ 、 $f_{c3}$  的间隔均为 4 (kHz)，即分别为 12 (kHz)、16 (kHz) 和 20 (kHz)。

## 2.2 模拟信号的数字化——脉冲编码调制 (PCM)

数字通信系统替代模拟通信系统是因为数字通信系统具有模拟通信系统不可比拟的优点。

### 2.2.1 模拟信号数字化的方法

语音信号是连续变化的模拟信号，在第一章中已指出这种信号通常是时间的连续函数，所以要使这种信号数字化必须经过三个过程，即抽样、量化和编码。

#### 1. 抽样

首先要把语音信号变为在时间轴上离散的信号，这一步骤就叫做信号抽样。

经过抽样以后就成为一系列的离散样值，为使这些离散的样值能完全代替原来的模拟信号，必须按照一定的规律抽样，这个规律就是常说的奈奎斯特抽样定律。

抽样定理表明，对于频带限制在  $0\sim f$  (Hz) 的低频信号来说，在信号的最高频率分量的每一个周期内起码抽样两次，也就是说，抽样速率  $f_s \geq 2f$  (Hz)，就可以用抽样所得的离散信号完全代替原来的信号。对于  $0.3\sim 3.4$  (kHz) 的语音信号，若抽样频率  $f_s \geq 8$  (kHz)，就能用这些离散的样值取代原来连续的语音信号。

经过抽样后的样值信号就成为一种脉冲幅度调制 (PAM) 的信号。如图 2.2 所示。

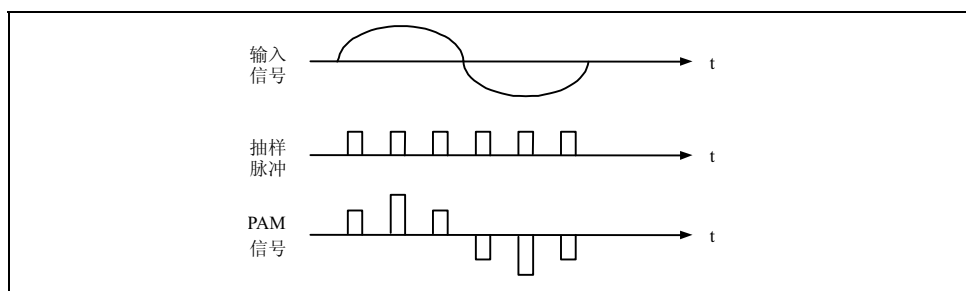


图 2.2 对模拟信号的抽样

## 2. 量化

### 1) 量化和非均匀量化

如图 2.2 所示，连续信号经抽样后，样值的幅度与相应的连续信号幅度相对应，它是模拟量，具有无穷多个数值，要将这样的样值编成对应的数字码组，则这一码组的位数就需要有无穷多，这显然是不可能的，因此必须对脉幅调制信号进行量化。量化就是分级“取整”的意思，相当于用“四舍五入”的方法，使抽出来的样值归为某一临近的“整数”。通过对样值进行量化（取整）后，就可以用有限个值来表示样值的大小。

经过量化的信号当然和原来的信号有些差别，但是只要量化时分级较细，差别就比较小，因而可用经过量化的信号来代替原来的信号。实际上，为了有效地进行通信，并不需要传送模拟信号的准确数值，因此在量化时分的等级是有限的。把幅度连续变化的模拟量变成用有限位二进制数字表示的数字量，这个过程就叫做量化。

量化后的信号与抽样的信号有一个差值，我们称这个差值为量化误差。这种误差在接收端表现为噪声，这种由量化误差而引起的噪声称为量化噪声。

量化时分的级数越多则误差越小，量化噪声也就越小。但是量化分的级数越多，所需的二进制码位数就越多，于是要求的传输速率就越高，频带也就越宽，不利传输。在实际中，为使量化噪声尽量小而所需的码位数又不太多，通常采用非均匀量化的方法。

非均匀量化根据幅度的不同区间来确定量化间隔，幅度小的区间量化间隔取得小，幅度大的区间量化间隔取得大。

## 2) 非均匀量化的实现方法

非均匀量化的实现方法通常有两种：一种是北美和日本的  $\mu$  律压扩；另一种是欧洲和我国所采用 A 律压扩。

在 PCM-30/32 路通信设备中，采用 A 律 13 折线的分段方法，Y 轴是均匀分为 8 段，每段均匀分为 16 份，每份表示一个量化级，则 Y 轴一共有  $16 \times 8 = 128$  个量化级。X 轴的划分和 Y 轴不同，它是用不均匀分段的方法达到非均匀量化的目的，划分规律是每次以二分之一来进行分段。图 2.3 所示为 13 折线示意图。

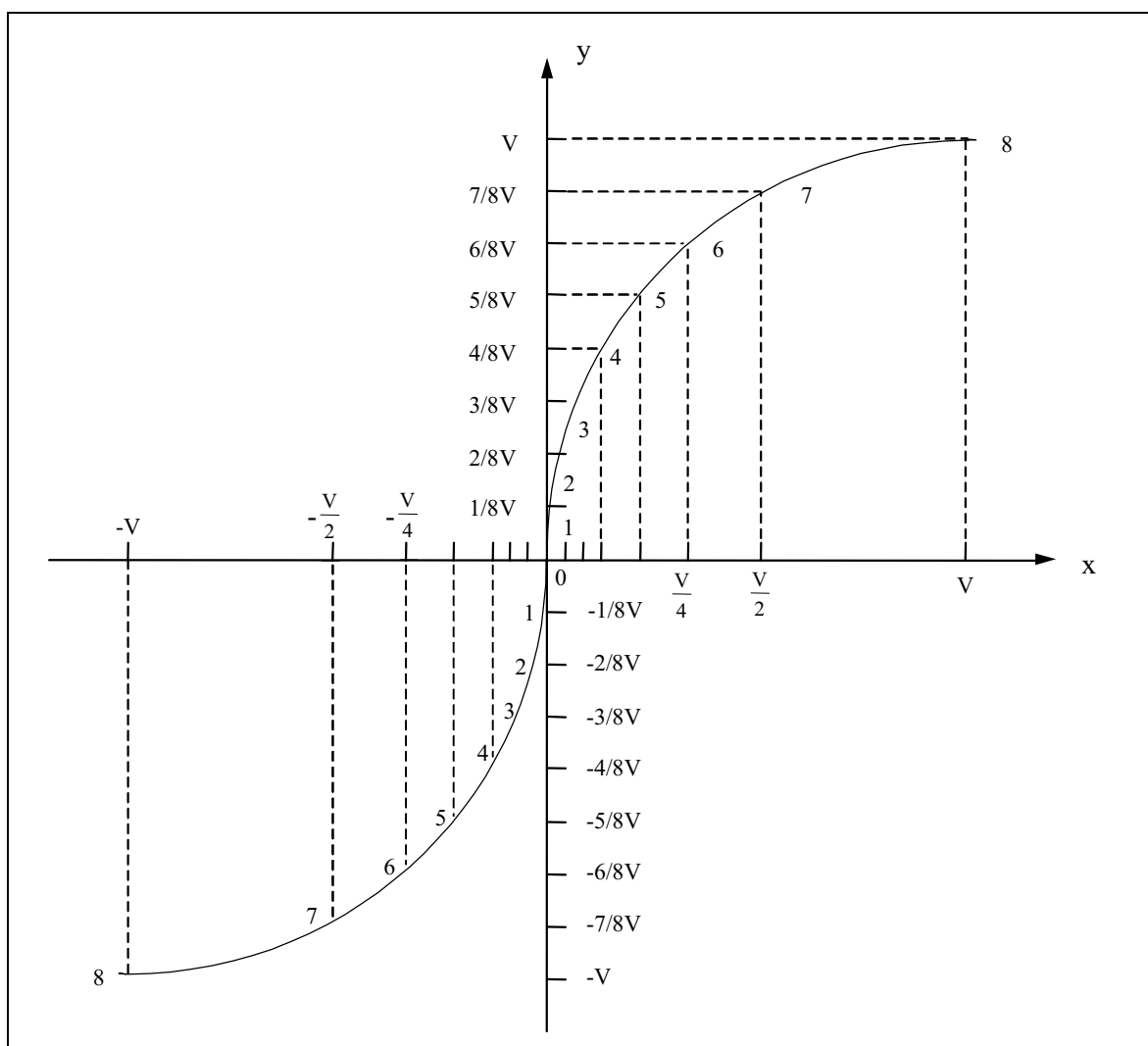


图 2.3 13 折线示意图

由于分成 128 个量化级，故有 7 位二进制码 ( $2^7=128$ )，又因为 Y 轴有正值也有负值，因而还需要一极性码，故总共有 8 位二进制码。

### 3. 编码

经抽样后所得的 PAM 信号还不是一种二进制数字信号，必须要通过量化和编码才能把 PAM 信号转换成二进制码。在实际的 PCM 设备中，量化和编码是紧密结合在一起的。量化的过程就是对样值脉冲进行编码的过程，量化完了，编码也就结束了。

编码不仅用于通信，还广泛用于计算机、数字式仪表和遥控遥测等领域。通信中常采用高速编码方式。编码器大致可分为逐次反馈型、折叠级联型和混合型三种类型。在 PCM 30/32 路通信设备中，常采用逐次反馈型编码器。

到这里为止，就实现了将模拟的语声信号变换成 PCM 的数字信号。

编码后的 PCM 码型，经数字信道传输，可以是直接的基带传输或者是微波、光波载频调制后的通带传输。经信道传输后的信号到达接收端的是二进制脉冲序列，接收端用的译码器（译码是编码的逆过程）把这二进制序列恢复为人耳可以听得懂的模拟信号。译码器在电路结构上和工作原理上与编码器无本质区别，只不过输入、输出相反，电路结构反方向连接而已。所以一般生产厂家都把编译码器制造在同一芯片上，并统称为编译码电路。

## 2.2.2 时分复用

所谓时分复用，是将某一信道按时间加以分割，各路信号的抽样值依一定的顺序占用某一时间间隔（也称为时隙），即多路信号利用同一个信道在不同的时间进行各自独立的传输。在时分复用系统中，每路信号在时间上分别占有不同的时间间隔，即不同的时隙，但在频域上却完全混杂在一起，这与前面讨论的频分复用有所不同。

时分复用具有以下特点：

1. 复用设备内部各通路的部件基本通用。
2. 要求收、发两端同步工作，所以时分复用要求有良好的同步系统。

时分复用与频分复用一样，实现了用一个信道传输多路信号的目的。也就是说，若干路数字（或模拟）信号可以采用时分复用方式以一定的结构形式复接成一路高速率的复合数字信号——群路信号。

根据时分复用的概念，将时间分成若干时隙。第一个时隙  $TS_1$  传送第 1 路信号，第二个时隙传送第二路信号等等。这些组合信号则构成了一个帧，在下一帧仍按原规则依次送各路信号。实际上数字复接有两种不同的帧结构，一种是每路分配一个短时隙，每时隙送 1bit 码字，因而称这种复接为 bit 复接；另一种是每路分配一个较长的时隙，每时隙传送由若干 bit 组成的码字，称这种复接为码组复接。

PCM-30/32 路通信设备是采用码组复接的时分复用系统的一个具体实例。PCM-30/32 路系统的帧结构如图 2.4 所示。

图中，帧周期  $T=1/8000$  秒  $=125\mu\text{s}$ ，将其平均（即均匀）分为 32 个时隙，每个时隙的时间间隔为  $125/32=3.91\mu\text{s}$ 。每一时隙传送 8bit 编码，则每个码的时间间隔为： $3.91/8=488\text{ns}$ ，每帧共传送  $32\times 8=256\text{bit}$  码字。

在 30/32 路 PCM 系统中，帧结构中第一个时隙（ $TS_0$ ）用于传送帧同步信号， $TS_{16}$  用于传送话路信令。故只有 30 个时隙用来传送话音信号，所以只能提供 30 个话路。当采用共路信令传送方式时，必须将 16 个帧再构成一个更大的帧，称为复帧。复帧的重复频率为 500Hz，周期为 2ms。

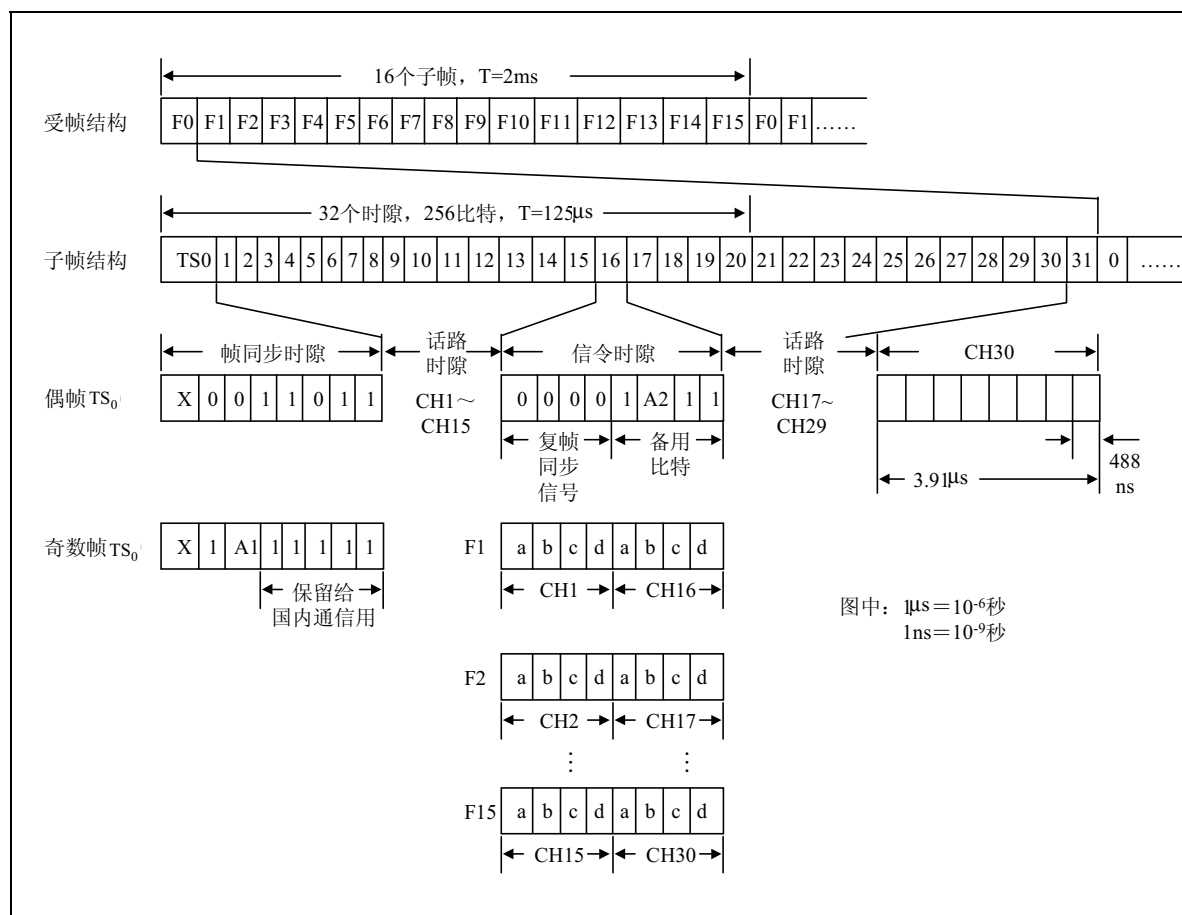


图 2.4 PCM 基群帧结构 (30/32)

目前数字电话都采用 PCM 方式。对 PCM 系统,国际上采用 PDH (准同步) 复接技术。此技术有两种制式,一种是北美、日本等国采用的 24 路话音信号复接为一群体 (称为基群) 的形式,其速率为 1554kbit/s,也称为 T 制;另一种则是我国与西欧各国采用的 30/32 路话音信号为一群体的形式,其传输速率为 2048kbit/s,也称为 E 制,为了进一步提高信道利用率,ITU-T 规定将四个基群复接为一个二次群,四个二次群复接为一个三次群,四个三次群复接为一个四次群。ITU-T 规定的 PDH 各群体与传输速率之间的关系如表 2-1 所示。

表 2.1 PCM 的群路等级

制式 群路等级	欧洲、中国（E 制）		北美、日本（T 制）	
	传输速率	话路数	传输速率	话路数
基 群	2048Kbit/s	30	1544kbit/s	24
二次群	8448Kbit/s	120	6312kbit/s	96
三次群	34368Kbit/s	480	32064Kbit/s 44736Kbit/s	480（日） 672（美）
四次群	139264Kbit/s	1920	97728Kbit/s 274176Kbit/s	1440（日） 4032（美）
五次群	564992Kbit/s	7680	397200Kbit/s	5760（日）

由于 PDH 系列存在诸如传输速率、帧结构和光纤接口等方面无世界性规范，逐级复用插入分支不灵活，维护和网管功能差等问题，造成 PDH 系列不能适应现代电信网的发展需要。

ITU-T 于 1988～1993 年提出并完善了有关同步数字系列（SDH）的建议，其复用结构如图 2.5 所示。

SDH 的提出是数字通信发展的重大转折，它的优越性将使 SDH 成为今后数字传输系统的主流。

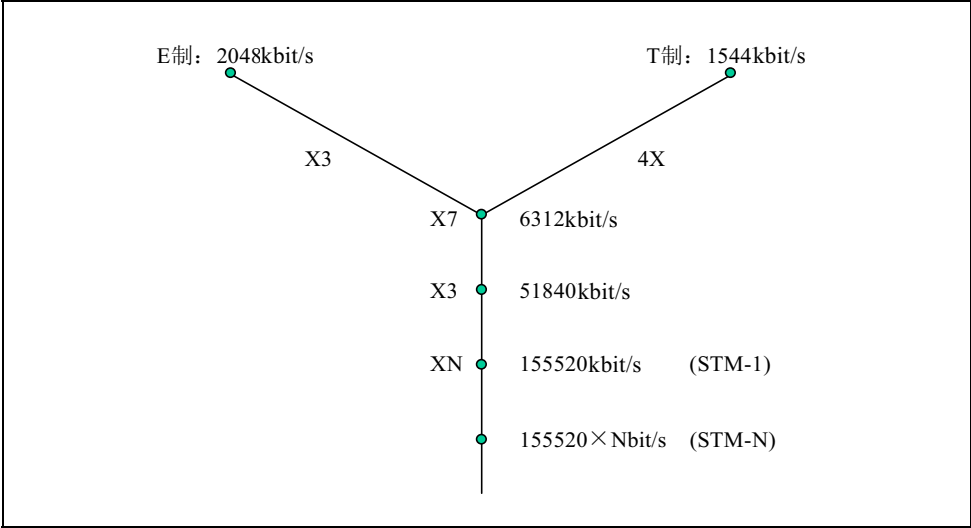


图 2.5 SDH 复用结构及传输速率

在 SDH 中，其基础传输信号是同步传送模块（STM），STM-1 为第一级同步传送模块，STM-N 称为第 N 级同步传送模块。STM-1 的传送速率为

155520kbit/s，第  $N$  级的传送速率为  $N \times 155520\text{kbit/s}$ 。目前  $N$  的取值为 1、4、16 和 64，且从 STM-1 以上信号完全采用同步字节复用。STM-1 的帧结构为  $270 \times 9$  字节，每个字节编 8 位码，在 SDH 块状帧结构中帧长为  $125\mu\text{s}$ ，这也是 SDH 的一个重要特点。SDH 的主要吸引力在于极大地增加了带宽（目前商用最高的等级为 STM-64，其速率为  $9953.280\text{Mbit/s}$ ，即通常说的  $10\text{Gbit/s}$ ，含有 4032 个  $2\text{Mbit/s}$  的支路），并提高了管理能力，PDH 系列存在的问题在这里都能得到解决（详见传输部分教材）。

### 2.2.3 数字基带传输系统

#### 1. 数字基带传输系统的组成

在数字传输系统中，其传输对象通常是二进制数字信息，它可能来自计算机、电传打字机或其它数字设备的各种数字代码，也可能来自数字电话终端的脉冲编码信息。设计数字传输系统的基本考虑是选择一组有限的离散的波形来表示数字信息。这些离散波形可以是未经调制的不同电平信号，也可以是调制后的信号形式。由于未经调制的电脉冲信号所占据的频带通常从直流和低频开始，因而称为数字基带信号。在某些有线信道中，尤其是传输距离不太远的情况下，数字基带信号可以直接在信道中传输，我们称之为数字基带传输。而在另外一些信道，特别是无线信道和光信道中，数字基带信号则必须经过调制才能在信道中传输，这种传输称为信号的调制传输（或载波传输），也可称为频带（或通带）传输。如果把调制和解调过程看作是广义信道的一部分，则任何数字信号传输系统可等效为基带传输系统。

基带传输系统的结构如图 2.6 所示，是由信道信号形成器、信道、接收滤波器及抽样判决器（又称识别器）组成。信道信号形成器用于产生适合于信道传输的基带信号；接收滤波器用于抑制信号带宽以外的噪声干扰；抽样判决器则是用于判决并再生基带信号。

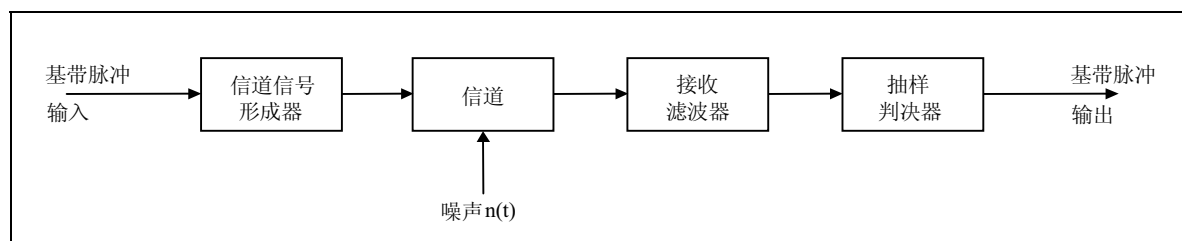


图 2.6 基带传输系统的基本结构

## 2. 数字基带信号的码型

前面指出，数字基带信号是数字信号的电脉冲表示，不同形式的数字基带信号（又称为码型）具有不同的频谱特性。通常数字基带信号都含有丰富的频谱，其含有足够宽的带宽，可从直流开始一直到很高的频谱成分，这种信号只能在很短距离的信道上进行直接的基带信号传输，所以其可在设备内部使用。为了使数字信号能在较长距离的信道中传输，必须将原始基带信号（也称码型）进行变换，以使数字信号变换为适合于给定信道的频谱特性。通常把数字信号的电脉冲表示过程称为码型变换，在有线信道中传输的数字基带信号又称为线路传输码型。

通常的信道对高频分量呈现较大的传输衰减，且其随距离的增大而增大，同时信道中往往存在隔直流的电容或耦合变压器，因而传输频带的高频和低频部分均受限。因此在数字基带传输系统必须要考虑选择适当的码型。

ITU-T 建议中有关脉冲编码调制系统的线路接口码型有：AMI、HDB<sub>3</sub>、B3ZS 及 CMI 等。也就是说在数字基带传输时都要把设备内部的码型转换成上述线路码型中的任一种。常用的线路码型是 HDB<sub>3</sub> 码。

### 2.2.4 数字调制传输

由于数字基带信号往往具有丰富的低频分量，并不宜于在大多数的实际信道中传输。所以说在数字通信系统中大都采用数字调制系统，即把数字基带信号的频谱搬移到适合于信道传输的高频段去。

数字调制与模拟调制在本质上没有多大的区别，它们都属于正弦波调制，但是数字调制信号为离散数字型的正弦波调制，而模拟调制是调制信号为连续

型的正弦波调制。

一般说来，数字调制技术可分为两种类型：

- 1) 利用模拟调制方式去实现数字调制，即把数字信号当作模拟信号的特定情况来处理。
- 2) 利用数字信号离散取值的特点去键控载波，从而实现数字调制。这一种方法通常称为键控法，如对载波的振幅、频率、相位进行键控，便可得到振幅键控（ASK）、移频键控（FSK）和移相键控（PSK）等调制方式。

目前常用的数字调制技术有：2ASK、2FSK、2PSK（BPSK）和 2DPSK 等。另外数字调制传输还有的采用最小移频键控（MSK）调制、4PSK（QPSK）、4DPSK 以及幅度与相位结合的多进制调制（MQAM）等。

## 2.3 数字信号的传输系统

有线传输系统和无线传输系统都可用作数字信号的传输系统，下面分别对有线传输系统和无线传输系统的原理及组成进行叙述。

### 2.3.1 有线传输系统

信道是信息的传输通道，在通信网中信道称之为传输线路，它是电磁波传播的路径。若电磁波的传播为导引传播（即采用有形的介质，如电缆、光缆等来传播信息）的信道，就称为有线传输，若是采用无界传播的信道就称为无线传输。利用有线信道的传输系统称为有线传输系统。

#### 1. 有线干线传输系统

有线传输系统中，常用的传输线路包括架空明线、对称电缆、同轴电缆和光缆。其中明线、音频和高频对称电缆、同轴电缆是利用电信号进行信息传输的，而光缆是利用光信号进行信息传输的。

架空明线、高频对称电缆和同轴电缆在现代通信的干线传送网中已应用很少，甚至已不再采用，这是因为目前干线传送网中已广泛采用先进的光缆传输系统。但在本地网中光缆、音频对称电缆（也称市话电缆）都还被采用。由于早期的通信主要以话音业务为主，非话业务很少，即使有也可用话音频

带传输低速数据业务。因此用户线路网和本地中继线路网大都采用市话电缆，这种用户线路（也称用户接入）网的结构如图 2.7 所示。

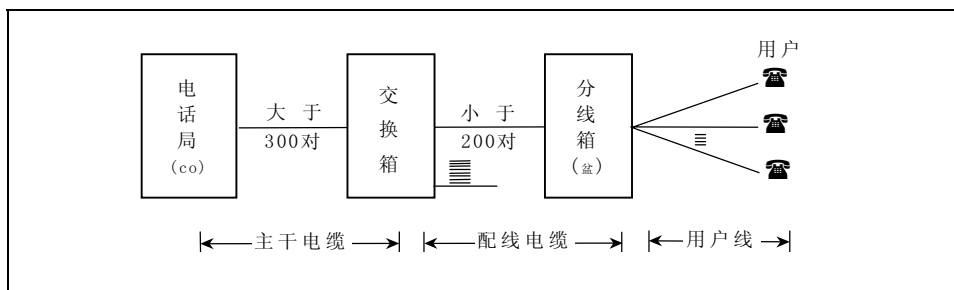


图 2.7 传统用户接入网结构示意图

这种网络结构适用于模拟的音频二线接入方式，若要进行数字传输就必须对这种接入方式在技术上加以改进。

## 2. 用户线的数字传输（四线制）

又称用户线双向数字复用，即在已有二线用户线上实现双向数字传输的复用方式。下面介绍一种能实现这种传输方法的数字用户环路（DSL）传输技术。

DSL 传输技术的关键是利用普通双绞线，以数字调制方式实现窄带 ISDN 中的 2B+D 的基本速率传输。其具有很强的适用性、可以用于绝大多数非加感环路，无需改变网络结构，也无需进行线对选择，且可与原有模拟业务兼容，其系统配置如图 2.8 所示。所有用户线设施不动，只需在每一对双绞线的交换机侧和用户侧分别增设一局端机（交换接口模块）和远端机（用户接口模块）。

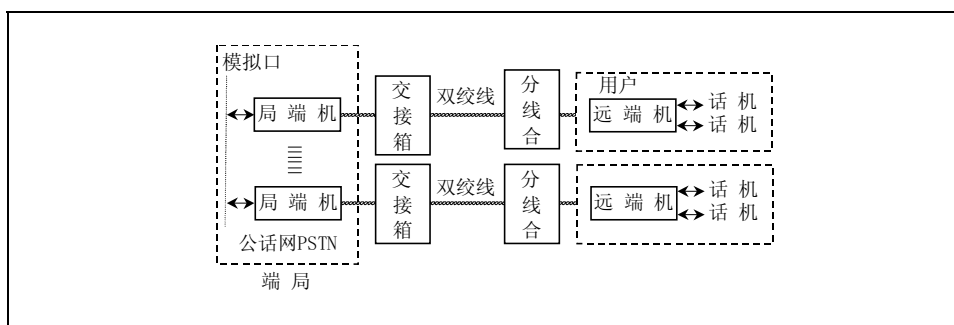


图 2.8 DSL 系统的配置

2Mbit/s 数字体系的用户线对增容系统采用 8bit 码、64kbit/s 速率的 PCM 标准。与回波消除技术相结合可以在现有的双绞线上为用户和交换机间提供全双工的速率为 144kbit/s 的 2B+D 连接，其中包括两个速率为 64kbit/s 的语音通道 B1 和 B2，一个速率为 16kbit/s 的信令通路 D。另外的 16kbit/s 用于传输同步信息和维护管理信息的辅助通道，总速率为 160kbit/s。与 ISDN 基本速率接入（BRA）一样，若采用 32kbit/s ADPCM 编码技术，则同样的双绞线上可传送 4 路语音信号，总速率不变，语音质量略有下降。除 DSL 外，还可采用 HDSL 和 ADSL 等技术。

高频对称电缆和同轴电缆目前在干线通信中应用不多，广泛应用的是光纤通信系统，我们将在第三章中对光纤通信进行详述，这里就不叙述了。

### 2.3.2 无线传输系统

前面已指出，若电磁波的传播采用无界传播的通道，则这通道就被称为无线传输信道，该通信系统就称为无线传输系统。

无线传输的特点是以大气作为传输媒质，而不是金属导体或光纤。随着无线电通信技术的发展，利用无线电波在空间的传播来传送声音、文字、图像和其他信息，可开通电报、电话、传真、数据和广播电视等业务。根据无线电波及其传播情况的不同，无线通信可分为长波、中波、短波、超短波（VHF、UHF）和微波中继通信以及卫星通信和移动通信等。本节只对微波中继通信、卫星通信和移动通信等系统进行叙述。

#### 1. 无线传输系统的构成

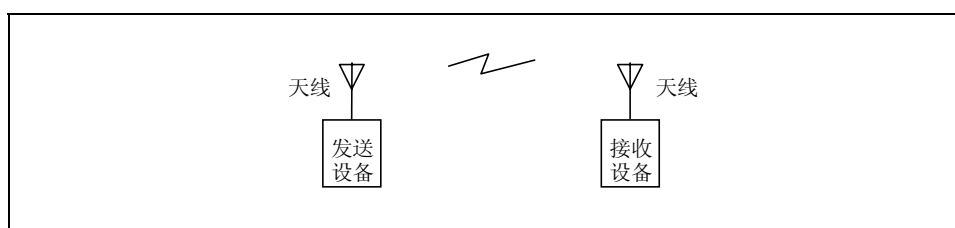


图 2.9 无线传输系统的组成

无线传输系统的组成如图 2.9 所示。此图为一个单向的通信系统，其传播介

质为大气。

### 1) 电磁波在大气中的传输特性

电磁波的传播特性由大气状态以及它的表面形状和特性所决定。

由于大气受太阳和从星群的空间发出的放射性辐射线的影响，大气的上层（高度约 80~2000km 之间）就出现游离现象，于是在这层大气中就出现了自由电子，这些强烈游离的区域称为电离层。按照电子浓度的不同电离层可分为多层，这些电离层同心地包围着地球，其中 E 层和 F 层的高度在 100~500km 之间。地面发射的某些电磁波通常在电离层处产生全反射而反射回地面，电磁波在电离层中传播时，它的一部分能量会被消耗。

经研究表明，在一般情况下，某些电磁波可以由两条路径到达接收点：一条是绕地球表面（靠绕射）传播的所谓地面波的形式；另一条是靠电离层中的反射与折射而成空间波的形式。

由于地面是半导体，地面波在传播过程中一部分电磁波能量就要被地面所消耗，由半导体地面消耗的能量随频率的升高而急剧的增加，因此地面波传输只适用于波长较长的系统。

短波的远距离的传播主要以空间波方式进行传播，即靠电离层的反射进行传播。在短波波段内存在着衰落，这种衰落是由好几条空间波射线的干涉引起的。因为这些空间波由不同的路径到达接收点，因而它们之间具有不同的相位。

现代通信中常用超短波和微波（包含米波、分米波、厘米波），这些电磁波不能利用电离层的全反射，因为电离层对这些电磁波不能产生全反射，因此这些电磁波只能以直接波的方式传播，即视距传播。超短波和微波中继通信系统就属于这种视距传播系统。

### 2) 无线电频率划分范围

长波：频率在 300kHz 以下，其波长 $\lambda > 1000\text{m}$ 。这种波以地面波为主。

中波：频率  $f = 0.3 \sim 3\text{MHz}$ ， $\lambda = 100 \sim 1000\text{m}$  以地面波为主。

短波：频率  $f = 3 \sim 30\text{MHz}$ ， $\lambda = 10 \sim 100\text{m}$ ，主要以天波即空间波方式传播。

超短波：频率  $f=30\sim 3000\text{MHz}$ 。其中  $30\sim 300\text{MHz}$  称为甚高频（VHF）， $300\sim 3000\text{MHz}$  称为特高频（UHF）。这一频段大都作为调频广播和电视广播、地面移动通信系统、汽车电话无线接入和微波中继通信等系统。以视距传播为主。

微波：频率  $f > 3000\text{MHz}$ 。按波长可分为：厘米波和毫米波。 $\lambda < 1\text{mm}$  的波称为亚毫米波。微波中继通信和卫星通信大多都采用微波频段。以视距传播为主。

## 2. 微波中继系统

### 1) 微波中继系统概述

利用微波的视距传播特性，经中继站转发信号而实现的无线电通信称之为微波中继通信。地面微波中继通信系统如图 2.10 所示。目前微波中继通信系统中还是以  $15\text{GHz}$  以下的频段为主。

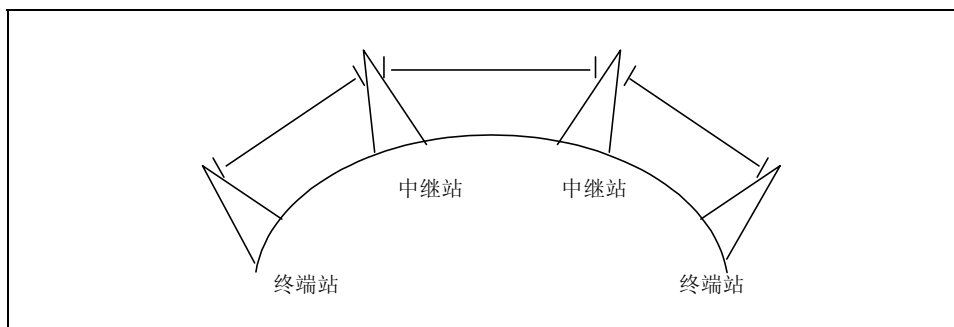


图 2.10 地面微波中继通信示意图

对于地面微波中继通信，考虑到微波在空间是沿直线（视距）传播和传播过程中的衰落等因素，为了获得稳定的传播特性，传输距离一般在  $40\text{km}$  左右，所以每隔一段距离就设置一个微波中继站。中继站的收信天线把前一站传来的微波信号接收下来，加以必要处理，再通过另一天线向下一站发送，这样在地面上一站接一站的往前传送下去直至终端站，组成一个微波中继通信系统。

### 2) 微波中继通信系统的分类

按照传送的信号形式可分为模拟微波中继通信系统和数字微波中继通信系

统。目前主要采用的是数字微波中继通信系统。

### 3. 卫星通信系统

卫星通信是在地面微波通信和空间技术的基础上发展起来的一种全新的通信方式，是现代通信技术的重要成果。它已在国际通信、国内通信、移动通信以及广播电视等领域得到广泛应用。

卫星通信是指利用人造地球卫星作为中继站转发无线电信号来实现两个或多个地球站之间信息传输的一种通信方式。卫星通信系统是由地球站、通信卫星和地面遥测站等组成。

地球站是指设在地球表面（包括地面、海洋和大气中）上的无线电通信站。而用于实现中继通信目的的这种人造卫星就称为通信卫星。

地面遥测站则对通信卫星进行跟踪测量，以保证通信卫星在确定轨道和正常位置上运行。

通信卫星按其运转轨道可分为运动卫星（非同步卫星）和静止卫星（同步卫星）两种，目前应用最广泛的是静止卫星。

#### 1) 静止卫星通信系统

所谓静止卫星就是发射到赤道上空 35860km 处圆形轨道上的卫星。它运动的方向与地球自转的方向相同，绕地球旋转一周的时间约是 24 小时（严格地说是 23 小时 56 分 04 秒），和地球的自转周期相等，所以从地球上看去，卫星如同静止一般。所以静止卫星并不是说卫星是静止不动的，而是与地球同步运行。

由静止卫星做中继站组成的通信系统称为静止卫星通信系统，或称为同步卫星通信系统。静止卫星与地球的相对位置如图 2.11 所示。

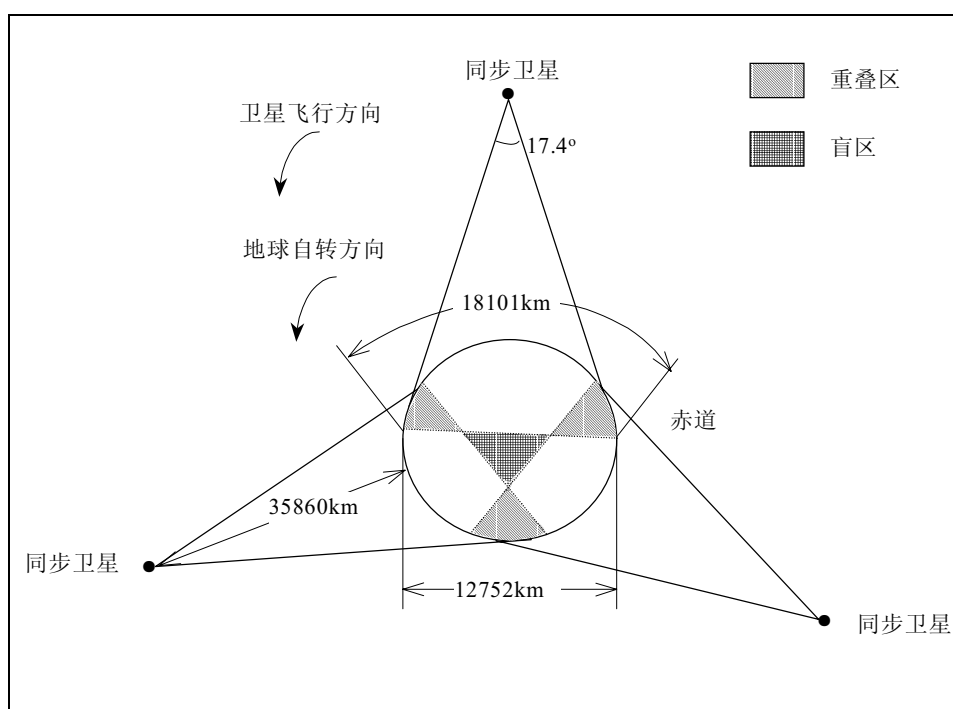


图 2.11 静止卫星配置与地球的位置

如图 2.11 所示，若在赤道轨道上空以  $120^\circ$  等间隔的配置三颗卫星，则地球表面除了两极区未被卫星电波覆盖外，其它地区都在卫星电波覆盖之内，而且其中部分区域为两个静止卫星电波的重叠区，因此借助于在重叠区内地球站的中继（称为跳跃），可以实现在不同卫星覆盖区内地球站之间的通信，因此只要用三颗等间隔配置的静止卫星就可以实现全球通信。

静止卫星所处的位置多数在太平洋、印度洋和大西洋上空。我国的东方红卫星也是静止通信卫星。

卫星通信中使用的频率通常有 1.6/1.5GHz、6/4GHz、8/7GHz 和 14/11GHz 等。每组频率的斜线上方的数值为上行频率（即从地球站向卫星发送的频率），斜线下面的频率为下行频率（即从卫星向地球站发送的频率）。

## 2) 低轨道移动卫星通信系统

低轨道（LEO）移动卫星通信系统是 80 年代后期提出的一种新设想，其基本构想是利用数十颗低轨道卫星构成星座，使人们可以在较大的范围内通过手持式通信终端进行通信。

目前利用 LEO 系统能够实现迄今认为难以达到的卫星终端小型化的目的。小型卫星及其发射成本低，其收费与地面通信中的汽车电话、便携式电话收费差不多。

利用卫星能把山岳地区和人口密度小的地区覆盖起来，构成范围宽广的服务区域。

下面就以美国摩托罗拉公司研制的铱系统为例对 LEO 系统作简要介绍。

#### a) 铱系统的组成及分布

铱系统是一种新型的全球性的数字化个人卫星通信系统。通过铱系统，用户使用小型便携式终端就可以在任何地方接、打电话和收、发数据。铱系统由卫星星座、地球站和终端设备等三部分组成。

按最初设想，铱系统的主体将由 77 颗在低轨道上运行的小型智能卫星组成（由于卫星数正好与铱原子的外层电子数相同，故称为铱系统），星群沿着 7 条环形轨道运行（现改为 66 颗卫星、沿 6 条环形轨道运行），每个轨道上均匀地分布着 11 颗卫星。轨道高度为 765km，卫星直径为 1m、高约 2m、重 340kg，寿命一般为 5~6 年，也有的可延长至 8 年。

#### b) 铱系统的通信原理

铱系统采用“倒置”的蜂窝区结构，系统的基础结构和基站处理均在星上，蜂窝区随地球自转而扫过地球表面，相对于卫星的运行速度，地面移动用户（包括飞机上的用户）可看作是相对静止的。

与地面移动通信系统一样，当一个用户单元在使用时，小区之间会进行越区切换。但两者的小区切换方式不同，铱系统是小区跨越用户，而地面移动通信系统是用户跨越小区。根据铱系统的星座设计，每颗卫星能投射 37 个波束到地球表面，形成 37 个蜂窝区，每个蜂窝区的直径为 667km，全球共有 1600 个工作蜂窝区，该系统采用七个小区复用可达 200 多次，每个用户对每颗卫星的最大可视时间为 9 分钟。

铱系统与公共电话交换网（PSTN）之间的接口是地球站，它实现铱系统用户终端与公共电话交换网中的任何类型终端（电话、传真和数据终端等）之间的通信。

依系统的终端设备包括手持机、车台和机载台等，可以通过上空卫星进行通信。

#### 4. 移动通信系统

移动通信系统是在移动体之间、移动体和固定用户之间以及固定用户与移动体之间建立许多信息传输通道的通信系统。

近年来移动通信技术发展很快，由于大规模集成电路、计算机和微处理器等技术的应用，使移动通信设备日趋小型化和自动化，系统的特性也逐渐向大容量和多功能的方向发展。移动通信是先进的电子技术、计算机和通信技术的综合体现。

##### 1) 移动通信系统的组成

移动通信系统一般由移动台（MS）、基站（BS）、移动业务交换中心（MSC）及与公共电话交换网（PSTN）连接的中继线组成。如图 2.12 所示。

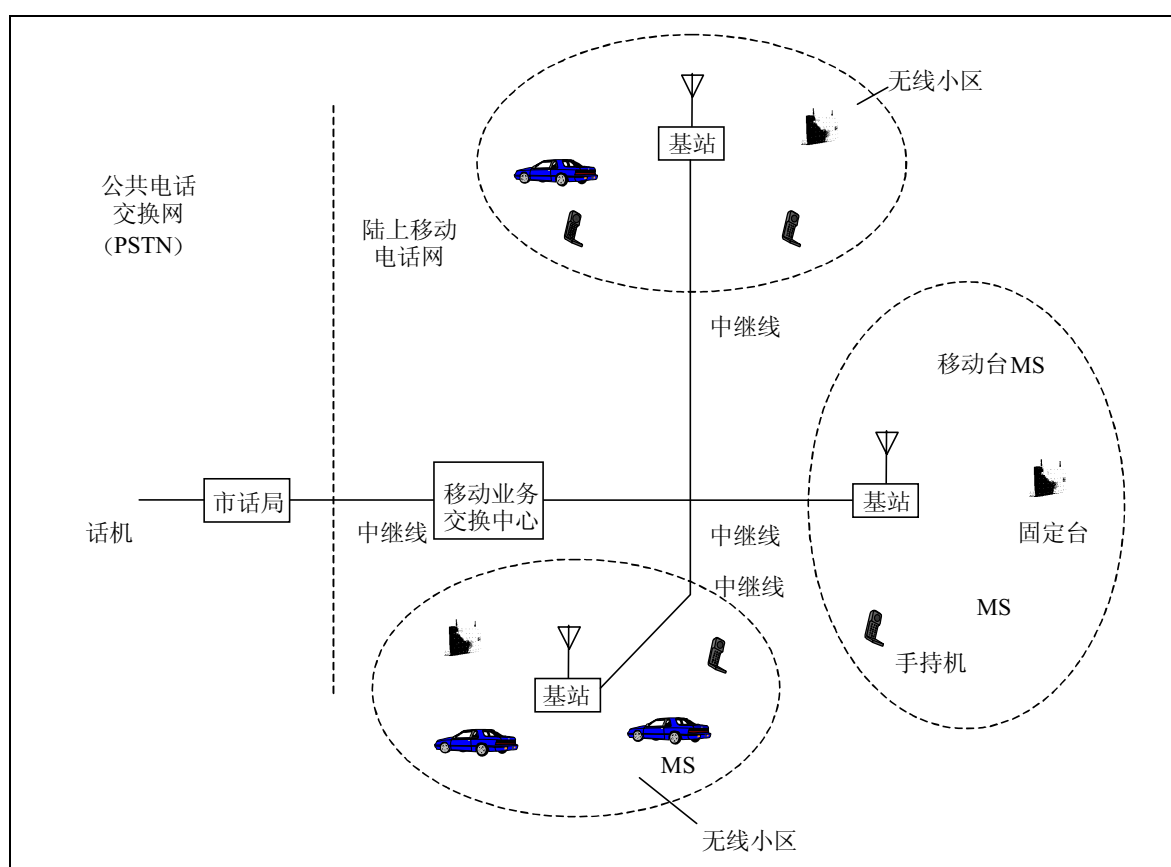


图 2.12 移动通信网的组成

基站（BS）和移动台（如车载台，MS）设有收、发信机和天线馈线等设备。每个基站都有一个可靠的通信服务范围，称为无线小区（覆盖区）。无线小区的大小主要由发射功率和基站天线的高度等因素决定。

移动业务交换中心（MSC）主要用来处理信息的交换和整个系统的集中控制管理。从移动业务交换中心到市话网和各基站之间可采用有线或无线方式连接。

大容量移动通信系统可以由多个基站构成一个移动通信网，如图 2.12 所示。从图中可以看出，移动业务交换中心通过基站可以实现整个服务区内任意两个移动用户之间的通信，也可以经过中继线与市话局连接，实现移动用户和市话网用户之间的通信，从而构成一个有线、无线相结合的移动通信系统。

移动台（MS）是移动通信系统不可缺少的一部分，它有车载式、手持式及携带式等类型。在数字蜂窝移动通信系统中，移动台除最基本的电话业务外，还可为用户提供非话业务。当移动用户与市话用户建立呼叫时，移动台与最靠近的基站之间确立一个无线通道，并通过 MSC 与市话用户通话。同样，任何两个移动用户之间的通信，其话音通道也是通过 MSC 建立的。

## 2) 移动通信系统的网络结构

根据移动通信电波传播特点，无线电频谱的有效利用以及通信用户量的不断增长，有必要将移动通信服务区域划分成若干个无线小区，构成各种规格的网络形式。

### a) 服务区类型

服务区（由所有无线小区组成的区域）的形状可根据服务区内的地形特点及其它因素分成为带状服务区和面状服务区。陆地移动通信系统大部分采用面状服务区的形式。面状服务区内根据用户的不同又可分为大区式和小区式两种。

大区式基站的覆盖区半径在 10km 以上。这种方式的组成单一、设备经济、网络简单。一个服务区内只有一个基站，并由它负责移动通信的联络和控制。在大区制中没有重复使用频率，为了增大基站覆盖区，只有增加天线高度和增大发射机的功率。

小区制方式是由若干个半径为数百米~数公里的小覆盖区组成一个小区群，

再由几个这样的小区群构成所需的大服务区。通过适当安排，各个小区群中对应的小覆盖区所使用的频率可以重复使用，这样在不增加总频率数的情况下，用户容量可大大增加，从而提高了频谱利用率。

#### b) 入网方式

公用陆地移动通信网（PLMN）与公共电话交换网（PSTN）的连接方式因用户容量而异，但必须自动进行双向接续，常用的入网方式有：

- 用户集中器方式

这种入网方式适用于移动用户较少的小容量系统。完成这种接续的交换机终端设备是一个用户集中器，用它可实现  $M$  对用户线和  $N$  对无线频道之间的接续。

- 中继线方式

当移动电话网采用中继线方式进入公用电话网时，移动通信系统本身能够独立完成各种交换功能，即包括出局接续、入局接续和本局各无线中继线间的接续。

#### c) 信令

信令也称为信号。这里所说的信令是指为建立通话所必须的控制信号，它必须保证各用户能够实现正确的接续。根据信令功能的不同，信令可分为状态标志信令、操作指令信令、选择性呼叫信令和拨号信令。

目前公用陆地移动通信系统大致可分为无线寻呼系统、模拟蜂窝移动通信系统、无绳电话系统、集群通信调度系统、限定空间的移动通信系统和数字移动通信系统等。下面对数字移动通信系统（GSM）进行简要介绍。

#### 3) 数字移动通信（GSM）系统概述

GSM 系统是一种数字蜂窝移动通信系统。其多址方式采用 FDMA—TDMA 混合技术。上行频率为 890~915MHz，下行频率为 935~960MHz。在 25MHz 的频段内分配了 125 个载频（实际使用为 124 个，最后一个频段不用）（载频间隔 200kHz），每一个载频又被 8 个信道时分复用。所以 GSM 系统实际最大可用信道数为  $8 \times 125 = 1000$  个（实际为 992 个，最后一个频道不用）。

图 2.13 所示为 GSM 的频道配置情况。

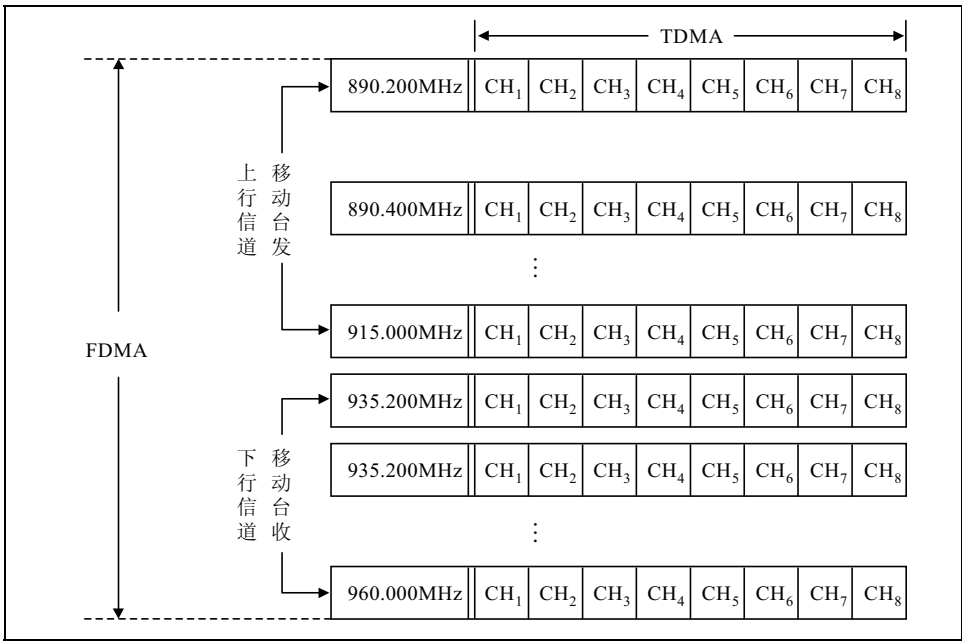


图 2.13 GSM 的频道配置

GSM 的网络结构比较灵活，不仅适应于地面网的发展，也可以将其运用到现有的 No.7 信令网中。GSM 网络由网络子系统（NSS）、基站子系统（BSS）、运行和管理系统（OMS）组成。其结构如图 2.14 所示。

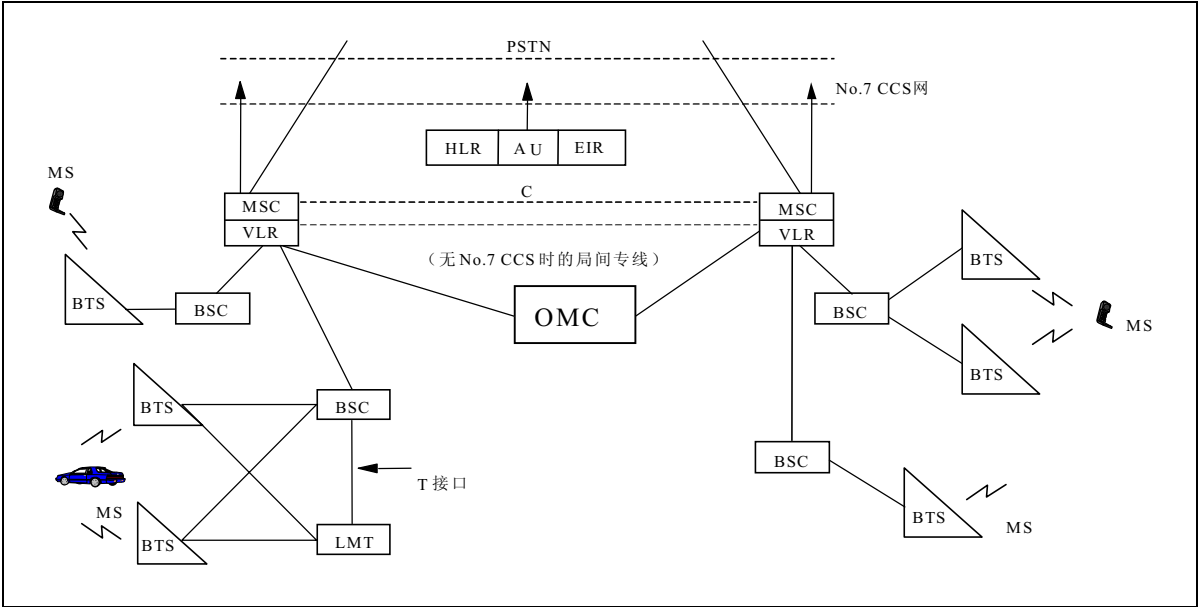


图 2.14 GSM 网络结构示意图

网络子系统（NSS）：主要功能单元包括移动交换中心（MSC）、归属位置寄

寄存器（HLR）、鉴权（认证）中心（AUC）、访问位置寄存器（VLR）和设备识别器（EIR）。

基站子系统（BSS）包括基站控制器（BSC）、基站收发信机（BTS）和本地控制终端。

运行和管理系统（OMS）包括操作维护中心（OMC）和操作维护终端（OMT）。

应当指出：当 PSTN 尚不具备 No.7 信令网时，则需在各 MSC（移动交换中心）间设置直达或经 MSC 转接的信令数据线和数字话音专线，把各 MSC 互相连接起来以构成 GSM 网。

近年由美国 Qualcomm 公司开发的一种新的移动通信系统称为 CDMA（码分多址）系统。这种系统的容量约为模拟 AMPS（TACS）系统的 12~15 倍，话音质量也比较好，是一种很有发展前途的移动通信系统。目前许多国家都投入较大的人力物力去研制开发这一系统，我国也致力于对这种技术进行开发和应用。

## 2.4 信号交换

在电话通信中用户需有一部电话机和通信线路才能进行通话，若各个用户间要进行通话就必须把每个用户的通信线路都彼此连接起来。根据理论分析，

若有  $N$  个用户要彼此进行通话，则需要的连接线对数可表示为  $\frac{N(N-1)}{2}$ 。

如图 2.15 所示，当有六个用户间进行通话，即  $N=6$  时，连接线对数为

$\frac{6(6-1)}{2} = 15$  对。依此类推，若  $N=100$ ，则需 4950 对线。所以  $N$  越大所需

线对数越多。

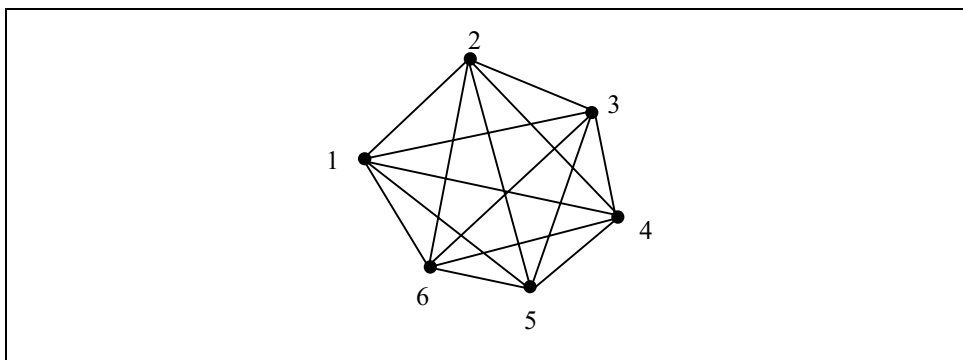


图 2.15 六个用户相连接的情况

这种直接把各个用户间连接起来的方法是不现实的。解决这问题的方法是在用户分布区域的中心位置安装一个公共设备，每个用户都用一对线连接到公共设备，当任意两个用户要通话时，就由公共设备将他们连接起来，通话结束后再将连接拆除以备其它用户使用。这种采用公共设备解决各通话用户之间连接的方法就称为交换。这种公共设备就称为交换机。

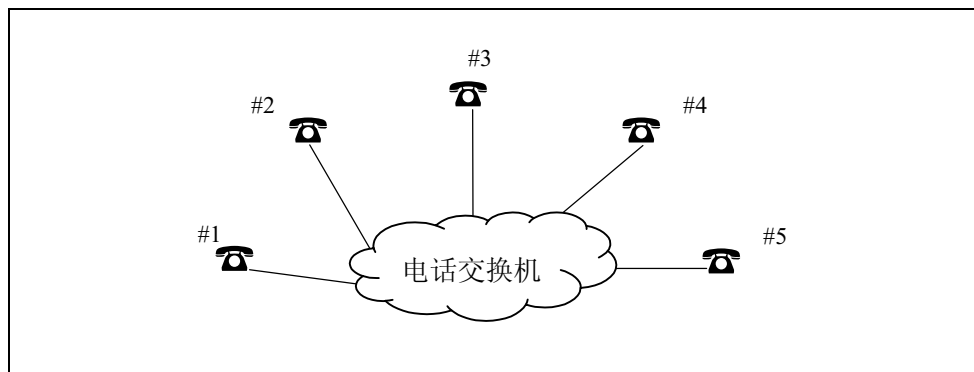


图 2.16 电话交换示意

要完成电话交换的任务，电话交换机必须具备如下基本功能：

1. 能及时发现哪一个用户有呼叫请求；
2. 要记录被叫用户的号码；
3. 能判别被叫用户当前的使用状态；
4. 若被叫用户空闲，则交换机应选择一条空闲链路将主叫和被叫用户连通，使双方进入通话状态；
5. 通话结束时，必须及时进行拆线释放处理；
6. 使任意两个交换机所带的用户自由通话；
7. 同一时间内，交换机要允许若干对用户同时进行通话且互不干扰。

## 2.4.1 交换机的分类

### 1. 按交换设备所用的元件分类

可分为机电与电子方式。

机电方式是早期采用的交换机，如步进制和纵横制等现在已不使用。目前使用较多的是电子交换机，如程控数字交换机。

### 2. 按交换机控制部分的实现方法分类

可分为布控和程控交换机。

布控是布线逻辑控制的简称，是指交换机各控制部分按逻辑要求设计好，并用布线连接的方法来实现控制交换机的各种功能。

程控是程序控制的简称，是将交换机的控制按一定的逻辑要求设计成软件形式，存放在计算机的内存中，然后由计算机来控制交换机的各项工作。

### 3. 按交换机接续方法分类

可分为空分和时分交换机。

空分是指对各个通话接续分别提供空间。用不同的空间的实线通道来连接各个通话用户对的接续方式称为空分交换。

时分交换方式的示意图如图 2.17 所示。

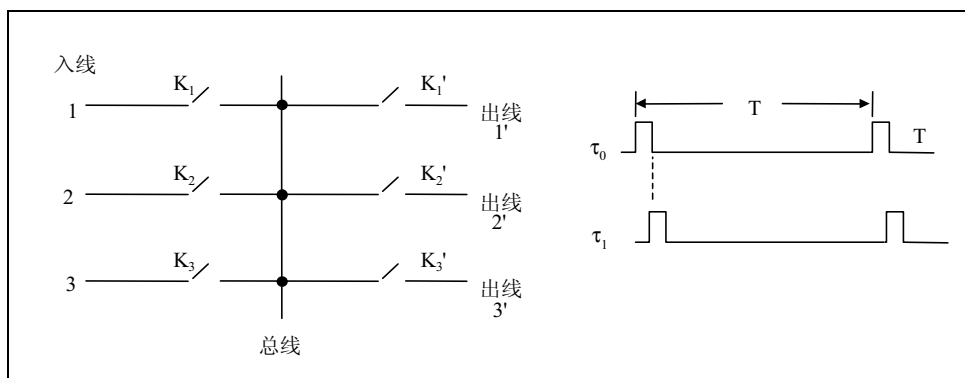


图 2.17 时分接续交换示意图

在图 2.17 中，入线和出线经电子开关接至一根总线上。各电子开关可受时间位置不同而周期相同的脉冲（如图中右半部的 $\tau_0$ 、 $\tau_1$ 两组脉冲）控制而启闭。如入线 1 要接通出线 2'，可将 $\tau_0$ 脉冲序列同时加至  $K_1$  和  $K_2'$  开关上，则在 $\tau_0$ 脉冲时持续时间内， $K_1$  和  $K_2'$  闭合，在其它时间内  $K_1$  和  $K_2'$  断开，这样就把入线 1 上的信息交换到出线 2' 上了。这样的接续方式就称为时分接续交换方式。

#### 4. 按照交换信号的特征分类

可分为模拟方式和数字方式

如果交换机接续的信号是模拟信号，则这种接续就称为模拟接续方式。在模拟方式下，采用二线制就可接通来话与去话（或上行与下行）两个方向的信号。

如交换机接续的信号是 0 或 1 组成的二进制数字信号，则这种方式就称为数字接续方式。在数字方式时必须采用四线制，二线用来传去话（或上行信号），二线用来传来话（或下行信号）。要说明一点，前面讲的空分方式只能传送模拟信号，而时分方式既可传模拟又可传数字信号。

如果交换机是直接交换 PCM 数字信号，其控制部分采用计算机实现的程序控制方式，通话部分采用电子元件实现的时分数字交换方式，这种类型的交换机就称为数字程控交换机。在程控交换机中计算机程序的执行是由处理器（CPU）来完成的。处理器的安排和任务分配的不同，便构成了不同的控制方式。

##### 1) 集中控制方式

程控交换机中只配置一个处理器（中央处理器），交换机的全部控制工作都由中央处理器来承担。

##### 2) 分级控制方式

随着微处理器的发展，程控交换机里配备若干个微处理器作为区域处理器以便完成如监视用户摘机、挂机及接收电话号码等比较简单而重复的工作，可减轻中央处理器繁重的处理工作，从而使交换机在处理器配置上形成了二级

或二级以上的结构。

### 3) 全分散控制方式

全分散控制方式完全取消了中央处理器，而是设置多个处理器分别完成信令控制、呼叫控制和交换网络控制等控制功能。如图 2.18 所示。

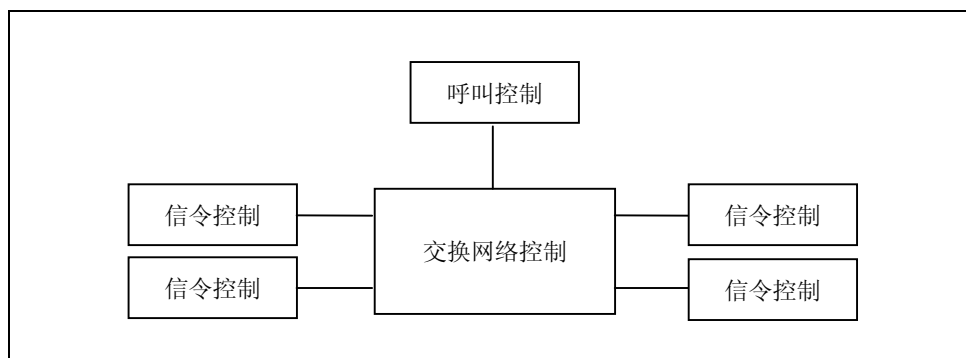


图 2.18 全分散控制示意图

## 2.4.2 程控交换机的基本结构

程控交换机由硬件和软件两大部分组成，图 2.19 所示的是程控交换机的基本硬件结构。程控交换机的硬件可以分为两个系统，话路系统和中央控制系统，整个交换机的控制软件都存放在控制系统的存储器中。该结构图既适用于空分交换机也适用于时分数字交换机，因为这两种交换方式的区别仅在于交换网络 and 用户电路的具体结构，系统总的功能并无本质区别。

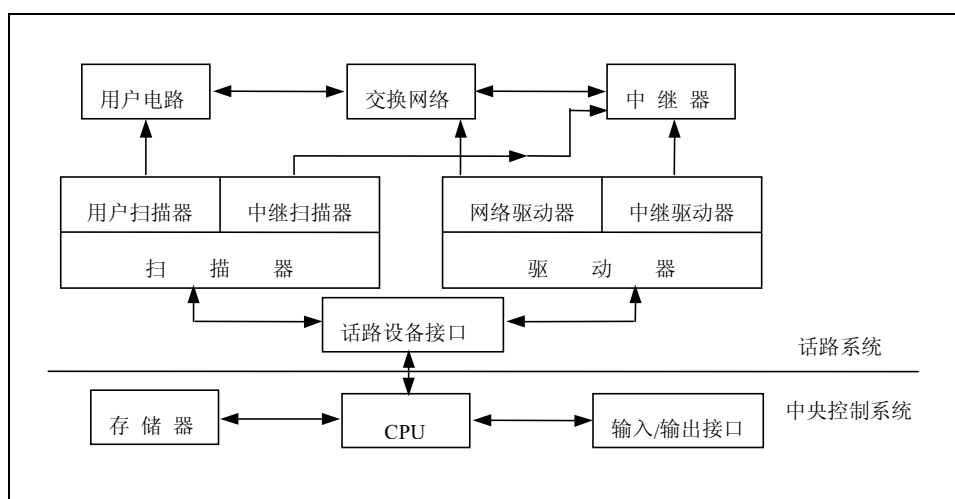


图 2.19 交换机的基本硬件结构图

## 1. 话路系统

话路系统由交换网络和外围电路组成。其中外围电路包括用户电路、中继器、扫描器、网络驱动器和话路设备接口等几部分。

### 1) 交换网络

交换网络的作用是为音频信号（模拟交换）或话音信号的 PCM 数字信号（数字交换）提供接续通路。

交换网络可分为空分交换网络（一般用于小容量交换机）和时分交换网络。

空分交换网络主要由交叉接点或多级空分交叉矩阵来实现。而时分交换网络是由时分接线器（T 接线器）、数字空分接线器（S 接线器）、TST 交换网络或 STS 交换网络来实现。

### 2) 外围电路

a) 用户电路：它是交换网络 and 用户线间的接口电路。其作用是一方面把用户线上语音信息（模拟或数字）传送给交换网络，另一方面把用户线上的其他信号如铃流等和交换网络隔离开来，以免损坏交换网络。

数字交换机的用户电路具有七种功能，通常简称为 BORSCHT。其中“B”为馈电，“O”为过压保护，“R”为振铃，“S”为环路监视，“C”为编译和译码，“H”为 2/4 线转换，“T”为测试。

b) 中继器：它是交换网络和中继线间的接口电路。中继线是该系统与其他系统或远距离传输设备的连线。

c) 扫描器：它是用来收集用户信息的设备，用户状态（包括中继线状态）的变化可通过扫描器送到控制部分。

d) 网络驱动器：它是在中央处理系统的控制下，具体地执行交换网络中通路的建立和释放。

e) 话路设备接口：它统一协调信号的接收、传送和分配。

2. 中央控制系统

控制系统的功能包括两个方面：一方面是对呼叫进行处理，另一方面是对整个交换机日常运行进行管理、监测和维护。

控制系统的硬件由三部分组成：

1) 中央处理器(CPU)

中央处理器可以是一般计算机的中央处理器芯片，它也可以是交换机专用的芯片。

2) 存储器（内存储器）

内存储器主要存储交换机内的常用程序、正在执行的程序和实时数据。

3) 输入、输出系统（键盘、打印机和外部存储器等）

键盘可以用输入运行、维护和管理各种指令；打印机可根据指令打印出系统数据；外部存储器存储常用的运行程序，机器运行时可将这些程序调入内存储器使用。

2.4.3 程控交换机的软件组成

程控交换机中的程序是一个庞大的系统，可分为联机程序和脱机程序。

联机程序又称为在线程序，是用于交换接续和维护管理工作的程序。

脱机程序并不是正常电话交换工作所需要的，而是用于交换局开通时的测试或软件中心的服务工作。其中软件中心使用的程序叫支援程序，例如汇编、编辑，连接编译等程序。就容量而言，脱机程序比联机程序要大得多。

联机程序和脱机程序的分类如图 2.20 所示。

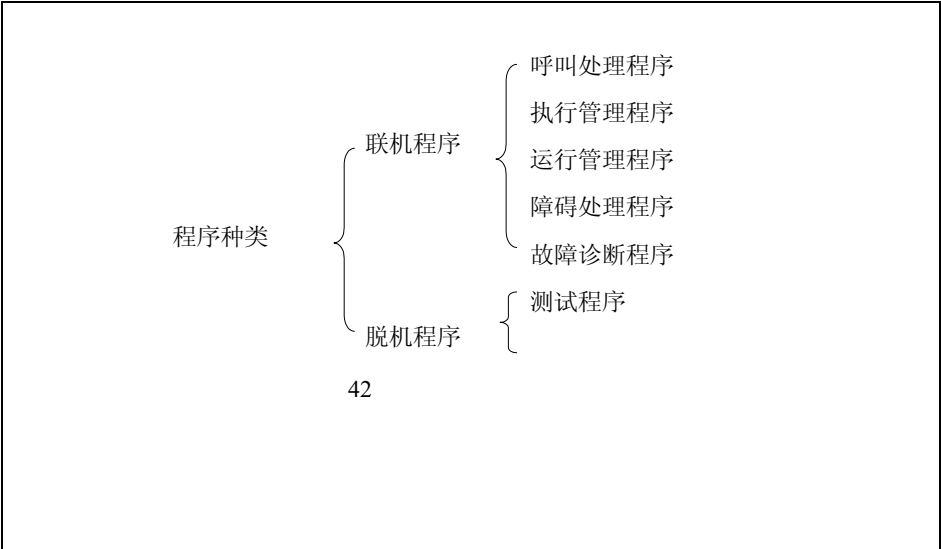




图 2.20 程控交换机的程序分类

2.4.4 现代通信网中的信号交换

现代通信正向数字化、宽带化和综合化方向发展，因而信号的交换也应适应这种变化。目前所采用的数字程控交换机属于电路交换的工作方式，这种电路交换方式长期以来用于电话网，现在也在 N-ISDN（窄带综合业务数字网）中应用。在这种传统信号交换中，整个通信连接过程中始终有一条电路被建立，并按照时分复用(TDM)原理将信息从一个节点传送到另一个节点。也就是说，电路交换方式基于同步传输模式(STM)。在这种时分复用的电路交换模式中，一个接续（即一条电路）在整个通话期间始终使用帧中的同一时隙。

在交换节点内部，电路交换可以用空间交换、时间交换或二者的组合来实现。

在纯电路交换中，所有的连接占用每个时隙中同样数量的比特，因此所有业务都有同样的比特率（8bit 占 PCM 的基本时隙宽度 125μs，则信道速率都为 64kbit/s），这使得电路交换应用很不灵活。因为当时隙宽度被确定后，信道的速率也就被确定了，这样对多种类型业务信息的传送是极不合适的。这是因为各种业务都有不同的速率要求，可以从极低到极高，原则上应该选最高速率（如 140Mbit/s）作为基本速率支持所有的业务，但这样一来即使是 1kbit/s 业务也要在整个呼叫期间占据整个 140Mbit/s 信道，这实在是太浪费资源了，因此简单的电路交换对通用宽带网是根本不适合的。

为了克服电路交换中各种不同类型和特性的用户终端（相当于不同的业务类型）之间不能互通，信道的利用率低及有呼损等缺点，同时随着非话业务的数据通信（即计算机的运用越来越普遍）业务的迅速发展，新的信号交换方式——分组交换和 ATM 交换应运而生。

1. 信号的分组交换方式

分组交换的基本原理如图 2.21 所示。

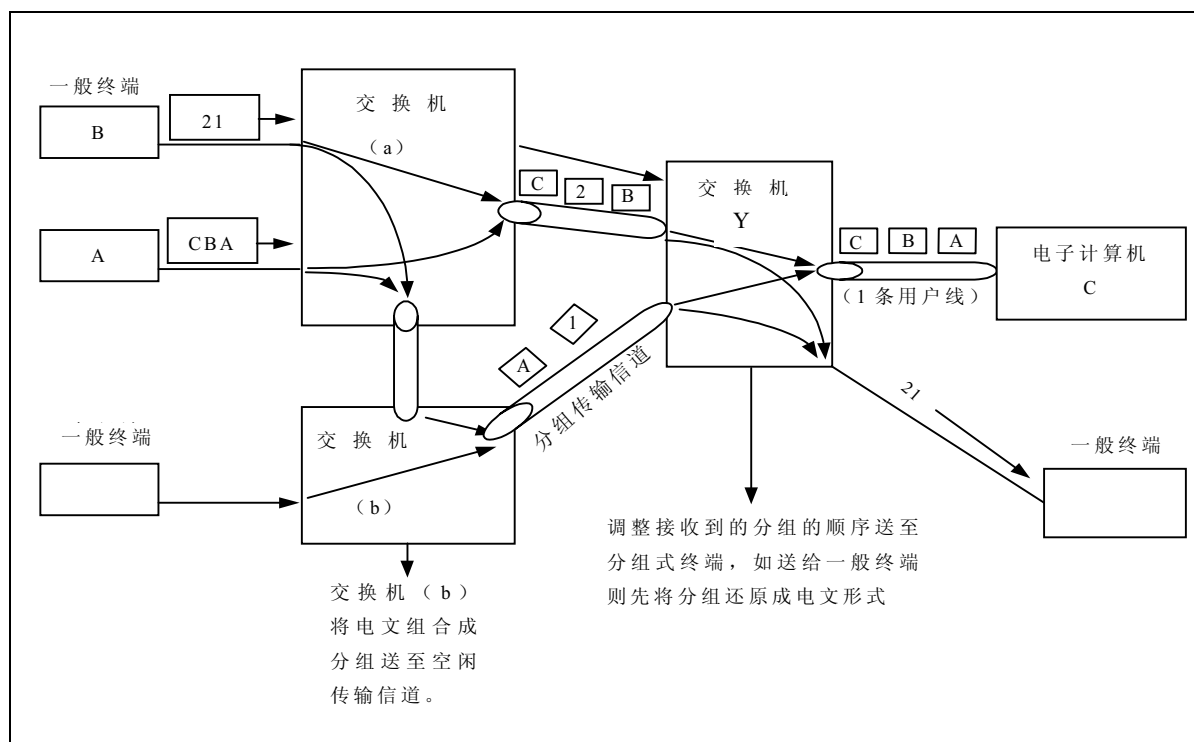


图 2.21 分组交换原理图

如图 2.21 所示，数据终端设备 A 发出的数据信息“ABC”要传给分组式终端 C，一般终端 B 要传送数据“21”到 C 处的一般终端，其分组传输过程如下：

A 送出的数据信息“ABC”，通过用户线送到交换机（节点机）a 暂存，在交换机 a 内分成具有一定长度的分组“A”、“B”、“C”，并在每一分组前加上指明该分组的发端地址、收端地址及分组序号的分组标题（分组头），交换机 a 为了把这分组转发给接收局交换机 Y，就需要选择空闲路由，它可以根据交换网的状态，给每个分组选择不同路由（如图中 C2B 为一路由，A1 为另一条路由），一般不会出现仅仅因为某一路由过忙而不能转发的情况。

分组数据到达终点局的交换机 Y 后，再按照接收地址来分发。由于各分组数据是经过各自路由转送来的，所以它们未必能按照“A”、“B”、“C”的先后顺序到达。因此交换机 Y 应按分组的序号重新排列，最后通过用户线将数据送至数据终端设备 C。

## 2. 基于 ATM 的 B-ISDN 及 ATM 交换

在 B-ISDN 的用户线上采用异步时分复用交换技术称为异步转移模式。ATM 不同于现代电信网中采用的同步时分复用方法。

ATM 的基本特征是信息的传输、复用和交换，它们都是以信元作为基本单位。ATM 首先将待传送的用户信息流（如数字化的语音、数据和图象等信息）分割成固定长度的信元，用信元的信头标识符识别信道，把语音、数据和图像等各种业务综合到同一个网中进行传输和交换，其信息转换方式与业务种类和传输速率无关。ATM 是实现 B-ISDN 的目标传送方式，它采取如下措施实现高速传输综合业务信息的能力。

- 1) 用固定长度的信元发送信息，可适应各种速率。
- 2) 可由通信网和终端来分担协议处理功能，通信网基本上不承担繁杂的协议处理，而主要用于信息传递。
- 3) 采用硬件进行协议处理和变换。

### ATM 信元

作为 B-ISDN 中信息传输、复用和交换的 ATM 信元，它是由信头和信息字段两部分组成。ITU-T 建议的信元格式如图 2.22 所示。

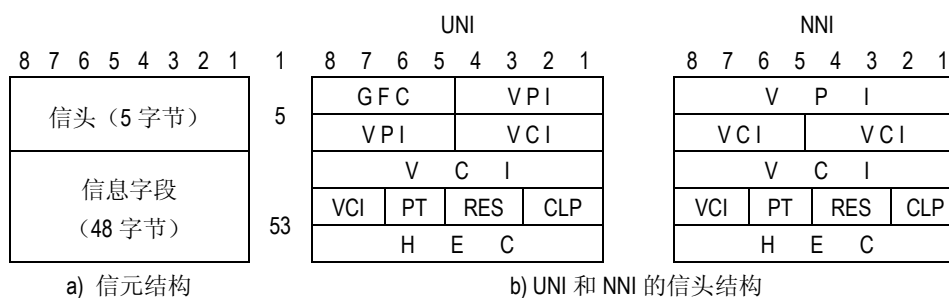


图 2.22 ATM 信元结构示意图

ATM 信元的信头为 5 个字节（因为每字节由 8bit 组成，故有 40bit），信息字段为 48 字节（384bit），一个 ATM 信元共有  $5+48=53$  个字节。信头的作用就是识别信元在异步时分复用中所属虚通路。通俗地说，信头用来表示这个信元来自何处、传送至何处、是何类型等。

ITU-T 对信头功能和比特的分配建议如图 2.22 a) 所示。

在 B-ISDN 的 ATM 交换机上有用户线和中继线两种接口，前者连接用户线路，后者连接中继线路。这样就形成了用户网络接口(UNI)和网络节点接口(NNI)。这两种接口的信头结构如图 2.22 b) 所示。

图中各符号含义如下：

UNI：用户网络接口；

NNI：网络节点接口；

GFC：一般流量控制域；

NPI：虚通道标识；

VCI：虚通路标识；

PT：净荷类型，即后面 48 字节信息域的信息类型，PT 有 2bit；

RES：保留位，可用作将来发展定义，现在指定是 0；

CLP：信元丢弃优先级，在发生信元冲突时，CLP 用来说明该信元是否可以丢掉；

HEC：信头检验码，用来保证整个信头的正确传输，有 8bit。

在信头的组成中，VPI 和 VCI 两部分合起来便可构成一个信元的路由信息，ATM 交换机就是依据各个信元上的 VPI、VCI 决定将信元送往哪条路由或哪一条线上去。

与电话网使用摘机、挂机和拨号等动作来表达通信的开始、结束和通信呼叫方一样，宽带 ISDN 也有指挥交换机动作的信令，如虚通道的建立和拆除等信令。由于在 B-ISDN 用户线路上传送的信息都是 ATM 信元，所以传送信令

的信元就叫作信令信元。为与其它信元区别开，可规定信令信元的信头为一个特定的值。

ATM 信元中，除了信息信元、信令信元外，还有空闲和维护运行信元。

ATM 信元是定长的，即每个信元占有一个等长的小片段，每个小片段都正好是一个 ATM 信元。ATM 信元的交换既不同于电路交换方式，也不同于分组交换方式。ATM 交换可以看作是电路交换和分组交换的一种组合。

## 第三章 光纤通信系统

光纤是光导纤维的简称，光纤通信是以光波为载波，以光纤为传输介质的一种通信方式。

目前使用的二氧化硅光纤，在光波波长 $\lambda=1550\text{nm}$ 时，其损耗值在  $0.2\text{dB/km}$  以下，由于损耗低，因此中继距离可达  $50\text{km}$  以上，而传输同样速率的同轴电缆，其中继距离只能达到约  $1.5\text{km}$  左右。

光纤通信具有以下特点：

1. 不受电磁干扰；
2. 光纤线径细、重量轻，便于施工和运输；

光纤制成光缆后，与电缆相比，体积较小，而且重量也较轻，这即便于制造多芯光纤，也便于施工和运输；

3. 资源丰富、成本低；

以一万公里的四管中同轴电缆计算，需耗铜  $5$  千吨，如采用光纤只用几十公斤的石英就够了，且石英资源丰富。

4. 损耗低、中继距离长；

因为光纤完全可以由非金属的介质材料制成，因此它既不受电磁干扰，也无串音干扰，并且保密性强。但一般的光纤采用的是金属材料为强化元件，故要受电磁干扰的影响。

**本章主要内容：**

- 光纤与电缆的结构和分类

## 3.1 光纤的结构与分类

### 3.1.1 光纤的结构

目前通信用的光纤是石英玻璃（ $\text{SiO}_2$ ）制成的横截面很小的双层同心圆柱体，未经涂覆和套塑的光纤称为裸光纤，由纤芯和包层所组成，如图 3.1 所示。纤芯的折射率用  $n_1$  表示， $n_2$  表示包层的折射率。为使光纤能够进行光传输，则光必须要  $n_1 > n_2$ ，这样才可利用光在纤芯与包层界面上的全反射，使光在纤芯中进行传播。图中的“ $2a$ ”表示纤芯的直径，“ $2b$ ”表示包层的直径。

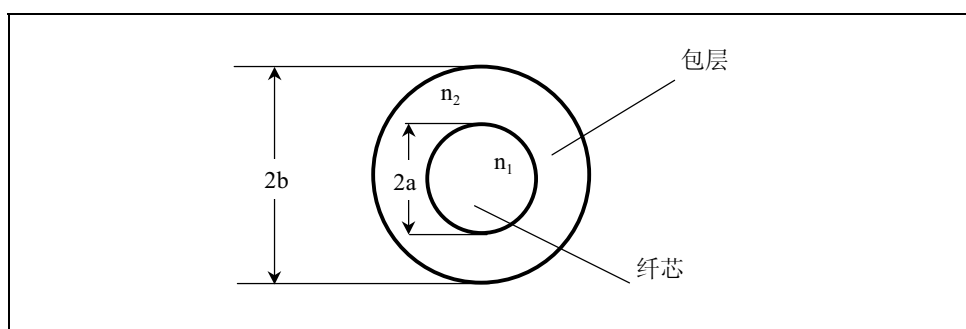


图 3.1 裸光纤剖面结构示意图

为了保护光纤表面，提高抗拉强度及实用，一般需在裸光纤表面进行涂覆构成光纤芯线，如图 3.2 所示。光纤芯线是由纤芯、包层，涂覆层及套塑四部分组成，包层的表面涂覆了一层很薄的涂覆层，涂覆材料为硅酮树脂或聚氨基甲酸乙酯，涂敷层的表面套塑（或称二次涂敷），套塑的原材料一般是尼龙、聚乙烯或聚丙烯等塑料。

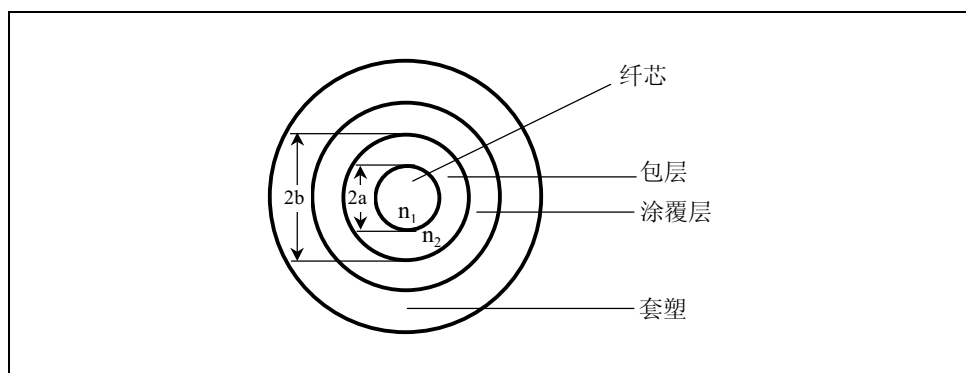
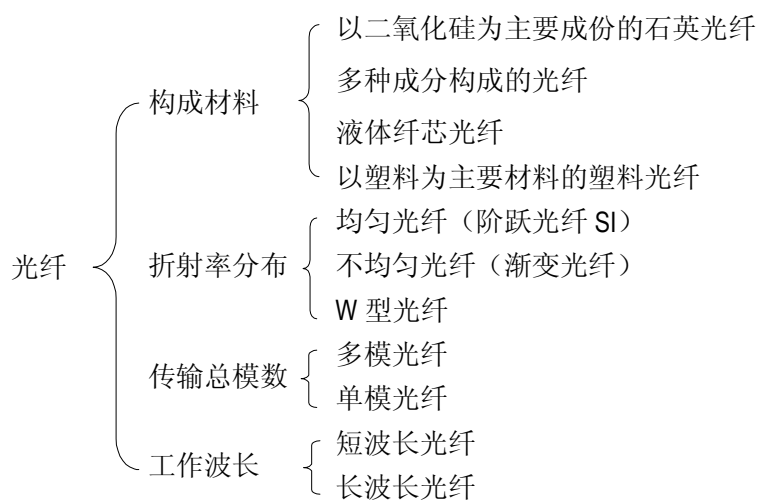


图 3.2 光纤芯线的剖面结构示意图

### 3.1.2 光纤的分类

光纤的分类方法大致有四种，即按套塑类型、光纤剖面折射率分布、光纤传播模式和工作波长分类。



目前通信光纤常用的分类方式有两种：一种是按光纤折射率的分布分类，另一种是按传输总模数来分类。

#### 1) 按光纤折射率的分布分类

通常分为阶跃光纤（也称均匀光纤）和渐变光纤（非均匀光纤），如图 3.3 所示。

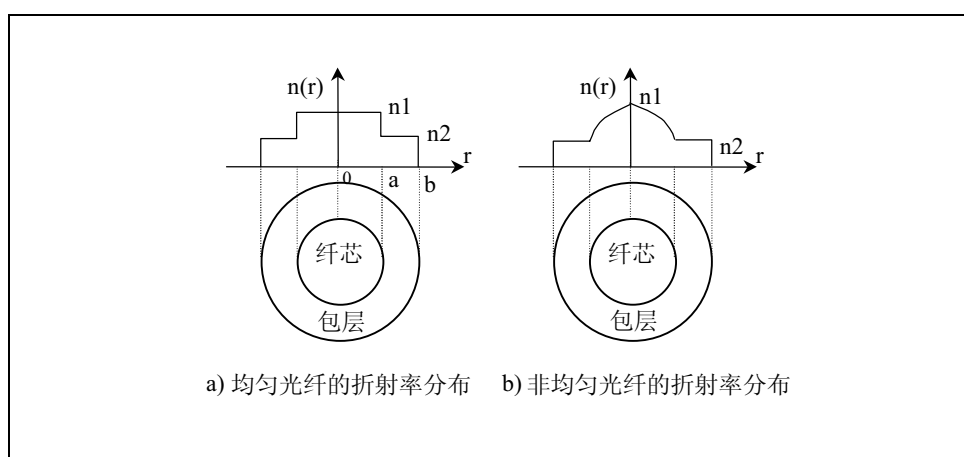


图 3.3 光纤纤芯折射率的剖面分布图

### 1) 阶跃光纤

纤芯的折射率  $n_1$  和包层的折射率  $n_2$  都为常数，且  $n_1 > n_2$ ，在纤芯和包层界面折射率发生突变，而在纤芯和包层中分别均匀分布的，故称其为阶跃光纤和突变光纤（或称均匀光纤）用 SI 表示。

### 2) 渐变光纤

光纤纤芯的折射率沿着纤芯半径的方向按一定规律减小，到纤芯与包层分界处为包层的折射率  $n_2$ ，纤芯的折射率分布按一定几何形状变化（图 3.3 所示的是呈抛物线型变化的光纤），这种光纤被称为渐变型和梯度型（或称为非均匀光纤）可用符号 GI 表示。

## 2. 按照传输总模数分类

所谓模式是光纤纤芯中电磁场的一种分布形式。根据光纤所能传输总模式数量，可将光纤分成单模光纤和多模光纤。

### 1) 单模光纤（SM）

当光纤中只有一种电磁场分布形式或只能传输一种模式时，称此光纤为单模光纤。

单模光纤的纤芯直径很小，约为  $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 。当光纤特征频率  $V_c$  满足条件： $0 < V_c \leq 2.40483$  时，理论上只传送一个模，称为主模（即  $\text{HE}_{11}$  或  $\text{LP}_{01}$  模）。

由于单模光纤只传输主模，故无模式色散，使得这种光纤的传输频带很宽，传输容量很大，适用于大容量、长距离的光纤通信。目前，在国内外各级通信网中，使用最多的就是单模光纤。单模光纤的折射率分布一般都采用阶跃型光纤。

#### 2) 多模光纤（MM）

在一定的工作波长下，当有多个模式在光纤中传输时，称这种光纤为多模光纤。

多模光纤的纤芯直径约为  $50\sim 75\mu\text{m}$ ，其折射率分布可为渐变型和阶跃型，这种光纤在光纤通信的初期用得较多，目前这种光纤使用的场合较少。

### 3.2 光纤的传输特性

光纤的传输特性主要包括传输损耗和色散。

#### 3.2.1 传输损耗

在光纤内传输的光，由于光纤的散射、吸收和辐射等原因而受到衰减，光功率随距离的增加按指数规律减小，这就是光纤的传输损耗。光纤的每单位长度上的传输损耗直接关系到光纤通信系统传输距离的长短。

#### 3.2.2 色散特性

由于光纤材料中色散的存在，使输入的光脉冲波形随着传输距离的增加而增宽、变形，产生码间干扰，增加了误码率，使光纤通信的通信容量和传输距离受到影响。每公里光纤的带宽与长度为  $L$  公里光纤带宽的关系为：

$$B_L = B_o / L^q$$

式中： $B_L$  为长度  $L$  公里光纤的带宽， $B_o$  为每公里光纤的带宽， $L$  为光纤长度， $q$  为光纤品质因素，取值在  $0.5\sim 1$  之间。对于单模光纤取  $q=1$ ；多模光纤通常取  $q=0.7$ 。

光纤的色散包括模式色散、材料色散和光波导色散。其中模式色散的影响最大。对于多模光纤主要考虑模式色散的影响，而在单模光纤中只有材料色散

和光波导色散，而不存在模式色散。所以说，单模光纤的色散较小。

理论研究指出，一般的二氧化硅光纤的零色散波长在 1310nm 左右，而损耗最小点在 1550nm 波长附近。

通常把零色散波长为 1310nm 的单模光纤称为 G.652 光纤；把零色散波长移位至 1550nm 波长的色散移位单模光纤称之为 G.653 型光纤。

### 3.3 光缆的结构和种类

在实际应用中，为使光纤耐抗拉伸并不受损伤的影响，一般将光纤制成不同结构的光缆，使其具有一定的结构强度，不仅能在各种环境下使用，且能保证传输的稳定性和可靠性。

光缆的基本结构由缆芯、加强元件和护套组成。

#### 3.3.1 缆芯

缆芯是由光纤组成，可分为单芯和多芯两种。单芯型是由单根经二次涂敷处理后的光纤组成；多芯型是由多根经二次涂敷处理后的光纤组成，它有带状和单元式两种结构。

#### 3.3.2 加强元件

为使光缆能够承受敷设安装时受到的外力，避免其中的光纤断裂，需在光缆的中心或四周加一些加强元件。加强元件可用金属或非金属材料（如塑料）构成。

#### 3.3.3 护套

光缆的护套主要是对光缆中的光纤起保护作用，避免其受到外力时损坏并减少外界环境对其的影响。

常用的光缆结构形式有层绞式光缆、束管式光缆、骨架式光缆和带状式光缆。

### 3.4 光纤通信系统的组成

目前使用的光纤通信系统普遍采用的是数字编码和强度调制—直接检测（IM-DD）通信系统。其结构原理如图 3.4 所示。电端机和光端机均包括发送和接收两部分。其中发送光端机是将电信号变换成光信号，接收光端机则是将光信号转换成电信号。

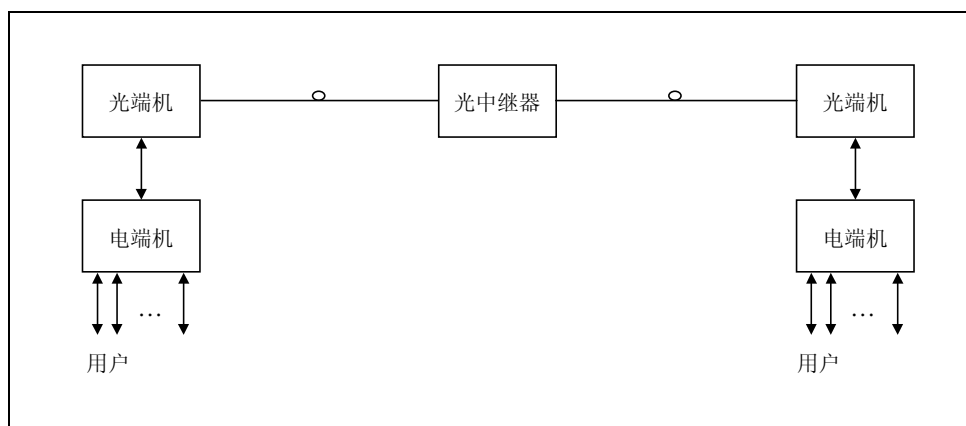


图 3.4 光纤通信系统的基本结构图

#### 3.4.1 光纤通信系统的信号传递过程

若系统为数字光纤通信系统，则电端机为一个 PCM 端机。该端机把时分复用的群路数字信号送到光端机，直接对光源进行强度调制变成光信号，然后送入光纤，经光纤传输，再经光中继器再生处理后，送入下一段光纤，传送到接收端，在接收端的光端机对收到的光信号进行逆处理（对发送端而言）完成光电转换。光端机输出电信号后再送至电端机，由电端机进行分接，把群路信号分接成单路信号，再经过译码和数/模转换等，形成模拟信号送至用户。在当今的光纤通信设备中，光、电端机是合在一个架上的，故称为光电合一机架。

#### 3.4.2 光纤通信设备的组成

光纤通信设备是由发送光端机、接收光端机和光中继器三部分组成。

##### 1. 发送光端机

发送光端机主要功能是实现电光转换和把光信号送入光纤。其基本原理如图 3.5 所示。

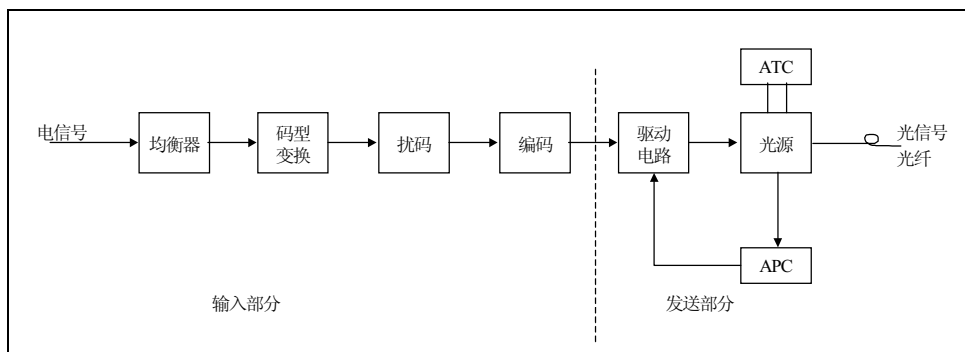


图 3.5 发送光端机原理图

发送光端机由输入部分和发送部分组成。输入部分包括均衡器、码型变换器、扰码器、编码和时钟电路；发送部分包括驱动电路（也称为调制电路）、光源、自动光功率控制电路（APC）和自动温度控制电路。其中光源是发送光端机的核心。

目前所采用的光源有半导体激光器（LD）和半导体发光二极管（LED）。其中 LD 发出的是激光，LED 发出的是荧光（非激光）。LD 输出的光功率较大，谱线窄，一般适合长距离、大容量的通信系统，但其寿命较短，价格高，需采用 APC 和 ATC 电路；LED 光源发出的光功率较小，光谱线较宽，调制速率较低，输出线性好，寿命长，成本低，适用于短距离和中小容量的系统。

发送光端机的主要指标有：

- 输出光功率

输出光功率即入纤光功率。光端机输出的光功率越大，通信距离越长。通常光功率可从 0.1mw 到 5mw。若要求光功率保持恒定，通常稳定度取 5%~10%。

- 消光比 EXT

$$EXT = \frac{P_0}{P_1}$$

式中：P<sub>0</sub> 为全“0”码时的平均光功率；P<sub>1</sub> 为发全“1”码时的平均光功率。一般

要求  $EXT < 10\%$ 。

- 调制性能

要求调制性能好，即调制频率高，以满足大容量、高速率系统的要求。目前 LD 可以实现的最高调制频率约 10GHz，调制速率可达 20Gbit/s。

## 2. 接收光端机

接收光端机的原理如图 3.6 所示。它由输出部分和接收部分组成。输出部分包括解码、解扰和码型反变换电路；接收部分包括光电检测器、放大器、均衡器、判决器、自动增益控制电路（AGC）和时钟电路。其中光电检测器是接收光端机的核心。

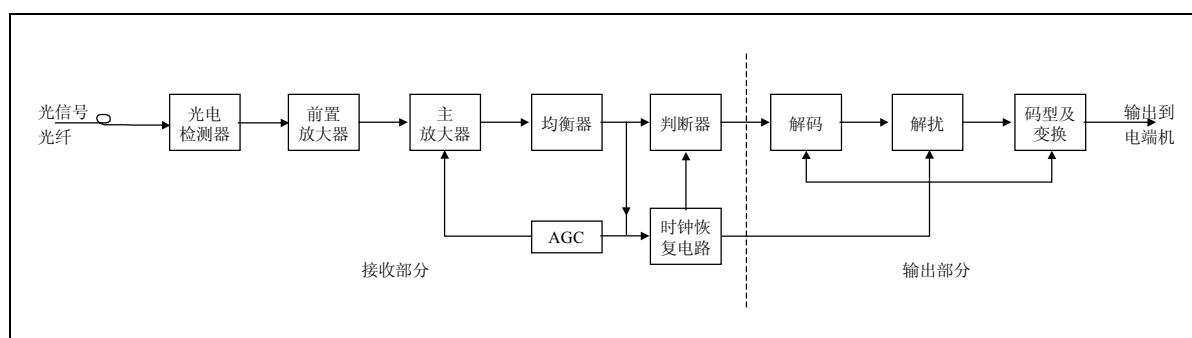


图 3.6 接收光端机原理图

目前所采用的光电检测器有光电二极管（PIN）和雪崩光电二极管（APD）两种。由它们从光信号中检测出电信号，然后经放大、均衡和判决等处理还原出电信号后，再送至接收电端机。

PIN 管偏压电路简单，价格较低；而 APD 需外加高反偏压使其内部产生雪崩增益效应，因此它不仅具有光电转换作用，而且还有放大作用，另外其灵敏度也较高。

接收光端机指标主要有：

- 灵敏度

灵敏度是指在满足给定误码率的条件下，接收光端机所能接收的最低平均光

功率  $P_{\min}$ 。若用分贝表示则：
$$S_r = 10 \lg \frac{P_{\min}(\text{瓦})}{10^{-3}(\text{瓦})} \text{ dB}_m$$

光接收机在满足给定的误码条件下，所需的平均光功率越低，则表明这部光接收机在微弱的输入光功率下仍能正常工作，显然这部光接收机的灵敏度是比较高的。

目前对于 PDH 四次群的光接收机的灵敏度指标，我国规定为-36dB~-40dB。

- 动态范围

动态范围是指在满足给定误码率的条件下，接收机允许输入的最大平均光功率  $P_{\max}$  与最小平均光功率 ( $P_{\min}$ ) 之比。单位用分贝表示即为：

$$D = 10 \lg \left( \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \right) \quad dB$$

### 3. 光中继器

光脉冲信号从光发射机输出，经光纤传输一定距离后，由于光纤的损耗和色散的影响使其幅度受到衰减，波形发生畸变，从而限制了其长距离传输。为此，需要加一个光中继器来放大衰减了的信号和重新恢复畸变了的信号，使光脉冲得到再生。

光中继器分为光再生中继器和光直接放大器两种。光再生中继器目前使用较多，它是由光电转换的光接收机部分与完成电光转换的光发送部分组成的。这种中继器在工作时需进行光电和电光两次转换，这不仅增加了信号的传送损伤，而且设备也较为复杂。光直接放大的光放大器目前有两种，即半导体激光放大器 (SLA) 和掺铒光纤放大器 (EDFA)。这两种放大器都已得到使用。SLA 的使用波长范围较宽，在 1300~1550nm 波长范围内都能使用，但其增益不高，而掺铒光纤放大器虽只能用在 1550nm 波长的情况下，但其增益高，增益谱特性好，而且易于与光纤相接。

光再生中继器和掺铒光纤放大器的原理如图 3.7 和 3.8 所示。

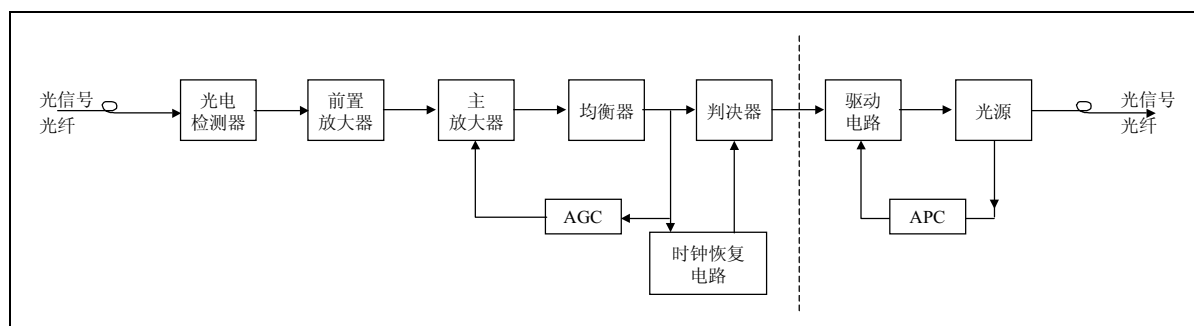


图 3.7 光再生中继器原理图

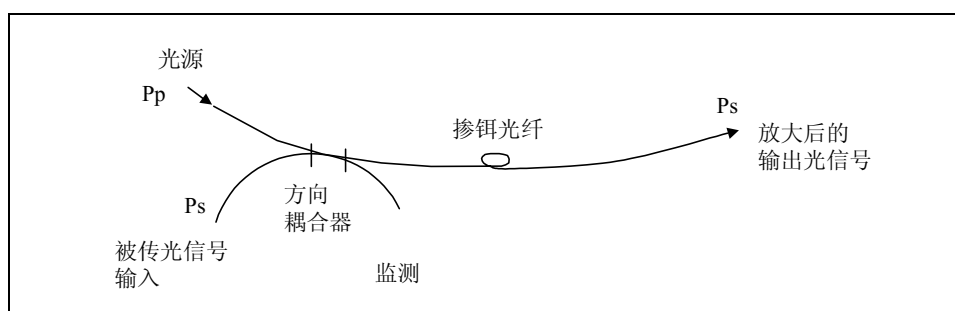


图 3.8 掺铒光纤放大器原理图

### 3.4.3 数字光纤通信系统的线路码型

前面在数字基带传输中所提到的线路码型如 AMI 和 HDB<sub>3</sub> 等码型，都不适合在数字光纤通信系统应用，因为它们是属于三进制码，所以有三种状态：+1、0 和 -1。而光纤通信系统所用的光源只有有光和无光两种状态，相当于两种逻辑状态。所以数字光纤通信系统线路码型的选择原则是：既要满足数字通信系统的线路码要求，也要满足只能是二进制码的条件，即只能是“0”和“1”两种状态。

目前，常用的码型有：mBnB 码、mP1P、mB1C 和 mB1H 码。其中 P 为奇偶检验码；C 为末尾码的反码（又称补码）；H 为混合码，其具有多种功能，可包含区间通信、公务联络、数据传输、帧同步、误码检测、补码及奇偶检测等。mB1H 码是在 PDH 系列中应用较多的一种码型。

以上内容均针对强度调制——直接检测的光纤通信系统而言。随着通信技术不断发展，新型光纤通信系统正在进行研制，如波分复用（WDM）系统、光频分复用（OFDM）系统、外差光纤通信系统和光孤子通信系统等。

## 第四章 通信网

当今世界对信息的需求越来越大，计算机技术的迅速发展、通信领域内的光纤通信技术日趋成熟及光同步网和同步数字系列(SDH)的广泛采用，使现代通信网逐步向宽带的综合业务数字网(B-ISDN)发展，这样就使基于 ATM 技术的，并以 B-ISDN 为基础的现代通信网得以实现，有可能实现将现代电话网、广播电视网和计算机通信网综合成为一个宽带综合业务数字网。

### **本章主要内容：**

- 通信网的种类
- 通信网的拓扑结构类型
- 通信网的分类方法
- 综合业务数字网
- 通信网的发展方向

## 4.1 通信网的种类

通信的最基本形式是点对点之间建立通信系统。尽管通信系统种类繁多，但还不能称作通信网。只有众多的通信（传输）系统通过交换系统按照一定的拓扑结构组合在一起，才能形成一个通信网。

最早的通信网是公用电报网，随后建立了公用电话网，后来又建立了用户电报网。近年来，除了这些传统的电信业务外，又相继出现了智能用户电报、用户传真、交互型可视数据、会议电视、计算机通信和 Internet 网等非话业务。但这些大多是以某项业务为主，单独组建的专用业务网。

随着新业务不断涌现，电信新业务的种类越来越多，建设众多的专用业务网必然存在投资大、线路利用率低、管理不便、资源不能共享及重复建设等弊病。此外对需要多种业务的用户来说，需要接入不同的业务网，这当然不合理也不经济。针对情况，人们设想可否利用一个通信网络来适应所有的业务需求。因此，发展综合业务网势在必行。

## 4.2 通信网的拓扑结构

通信网是多用户系统的互连。其按照互连的方式分为直接互连网和转接互连网两类。

在直接互连网（也称完全互连网）中，所有信息联系的用户之间都有线路直接连接，任何一个用户都可以直接与其它任何用户通信。

在转接互连网中则设有一个转接中心，所有用户只与转接中心直接连通。各用户之间需要通信时都需通过转接中心转接使其互连达到通信的目的。

对比两种网络可以发现，转接互连网所需要的通信线路数量要比直接互连网所需的线路少很多，所以在实际网络应用中，采用较多的是转接互联网。

直接互联网与间接互连网的原理如图 4.1 所示。

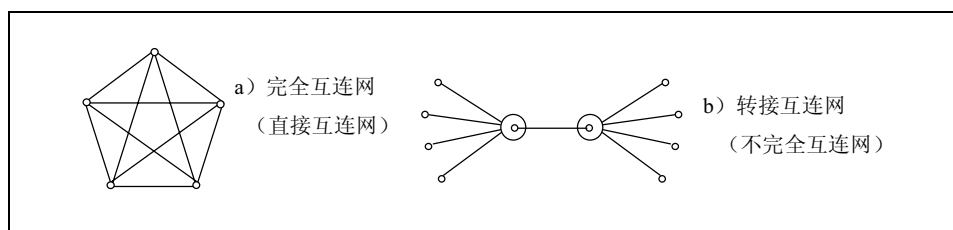


图 4.1 通信的互连方式

通信网的拓扑结构主要有列五种，其结构形式如图 4.2 所示。

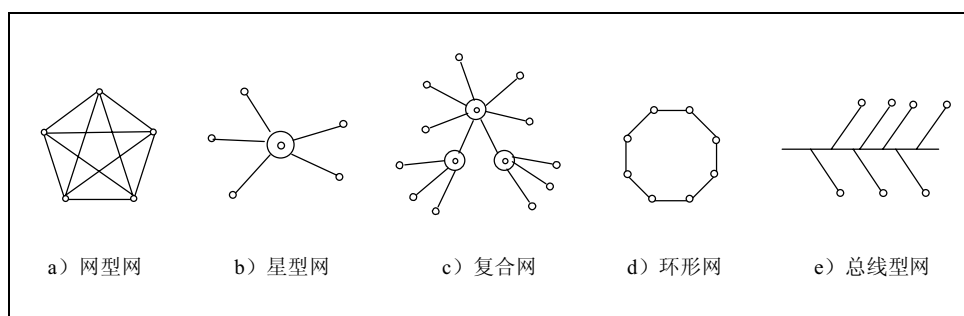


图 4.2 通信网的基本拓扑结构

### 4.2.1 网型网

较有代表性的网型网是完全互连网，具有  $N$  个节点的完全互连网需要有  $N(N-1)/2$  条传输线路。因此  $N$  值越大，传输线路数就越大，传输线路的利用率越低，这是一种不经济的网络结构。但这种网络的冗余度较大，因此其接续质量和网络稳定性较好。

### 4.2.2 星型网

具有  $N$  个节点的星型网共需  $(N-1)$  条传输线路。当  $N$  值较大时，相对网型网其可节省大量的传输线路，但需花一定费用设置转接中心。在这种结构中，当转接中心的交换设备的转接能力不足或发生故障时，将会对网络的接续质量和网络的稳定性产生影响。

### 4.2.3 复合型

这种网型是网型网和星型网复合而成。它是以星型为基础，并在通信量较大

的区间构成网型网结构。

#### 4.2.4 环型网和总线型网

这两种网型在计算机通信网中应用较广，在这两种网中一般传输的信息速率较高，它要求各节点或总线终端节点有较强的信息识别和处理能力。

### 4.3 通信网的分类

#### 4.3.1 按使用范围分类

按使用范围通信网可分为本地网、长途网和国际网。

##### 1. 本地网

本地网包括大城市本地网、中等城市、小城市和县本地网。

##### 2. 长途网

长途网是指负责本地网之间长途电话业务的网络。

我国公用的长途电话网（简称长话网）是由全国各城市的长话局、市话局、各县的长市合一局和连接它们的线路组成。我国目前采用的长话网是四级汇接辐射式。

C1 局为大区中心局，也是省间中心局，共 8 个，包括北京、上海、沈阳、南京、西安、武汉、广州和成都；C2 局为省中心局共 22 个；C3 局为地区中心局，其职能是为该交换中心的服务区提供长话业务；C4 局为长途自动交换网的最低级交换中心，即县长途交换中心。其职能也是为该交换中心的服务区提供长途业务。

现在我国的长途电话网正向无级网过渡，即不分 C1、C2、C3、C4，都视为同一级别。

##### 3. 国际网

国际电话通信通过国际电话局完成，每一个国家都设有国际电话局，国际局之间形成国际电话网。原则上国际局间设置低呼损直达电路群。

国际电话通信网是由国际局、长话局、市话局及各种类型的线路构成。为了满足国际电话通信的可靠性和发展要求，同时也考虑到目前电话数量和质量所造成区域上的不平衡性，ITU 规定设立纽约、开罗、伦敦、巴黎、里约热内卢、悉尼、莫斯科、东京和新德里等国际电话局。

#### 4.3.2 按业务划分分类

通信网按业务划分可分为电话网、电报网、数据网、传真网、移动通信网和综合业务数字网（ISDN）等。

电话网包括市内电话网、农村电话网、本地电话网和长途电话网；

数据网包括公众数据网和专用数据网；

电报网包括公众电报网、用户电报网和智能用户电报网；

传真网包括本地传真网、地区性传真网和全国性传真网；

移动通信网包括本地移动通信网和漫游移动通信网；

综合业务数字网包括本地 ISDN 和全国性 ISDN。

#### 4.3.3 按运营方式的划分分类

通信网按运营方式不同可以划分为公用网和专用网。

1. 公用通信网即公众网，是向全社会开放的通信网。
2. 专用通信网是相对于公用通信网而言的，它是国防、军事或国民经济的某一专业部门（如铁道、石油、水利电力等部门）自建或向邮电部门租用电路，专供本部门内部业务使用的通信网。

#### 4.3.4 按传输信号的形式分类

可分为模拟通信网、数字通信网和模拟/数字混合通信网。现阶段纯模拟通信网已很少采用，采用较多的是模拟/数字混合通信网。

## 4.4 综合业务数字网(ISDN)

### 4.4.1 综合数字网(IDN)

#### 1. 传输和交换的综合

随着数字传输和数字交换的发展，将数字传输和数字交换综合而成的全数字化通信网称为综合数字网(IDN)。IDN 是指网络的构成方式, 与其传送的业务无关。

当传输和交换系统为数字体制时，输入的音频信号使用 PCM 数字化处理并采用时分复用，时分复用中继线可以与数字交换机中的第一级直接连接，这样一来，数字交换机无需对第一级复接信号和分接信号进行解码，交换机就可取消传统的第一级复接和分接设备（即将每个话音复接成多个音频基带组成的高频信号或是反变换）。同时无需采用 4kHz 基带接入，而采用 PCM 一次群信号的标准接入。这种数字式的传输和交换的综合网络如图 4.3 所示。

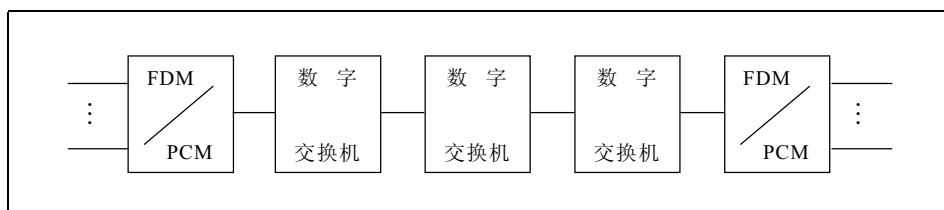


图 4.3 综合后的数字传输

#### 2. IDN 的组成

综合数字网由数字传输、数字交换及共路信令三部分组成。如图 4.4 所示。

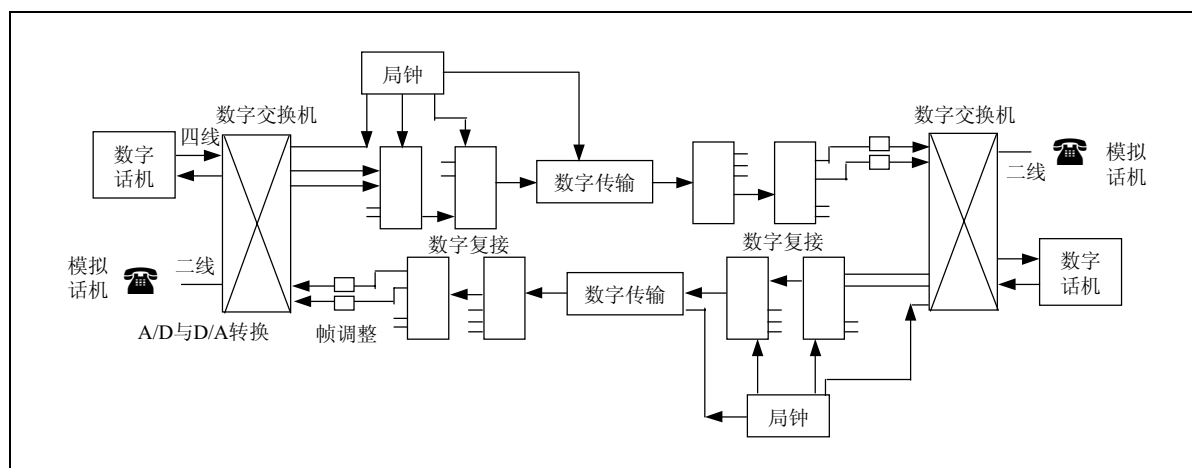


图 4.4 IDN 组成图

### 1) 数字传输

语音信号的模/数(A/D)变换可采用 PCM、DM 和 DPCM（差分脉码调制）等多种调制方式。常用的是 8bit 的 PCM 方式，这种变换方式在第二章作过介绍。

### 2) 数字交换

数字交换是程控数字交换机采用的交换方式。关于程控数字交换机的概述详见第二章。

### 3) 共路信令

共路信令是指利用一个公共信令信道来传输多路信令。这种方法特别适用于计算机控制的交换系统。这种信令具有容量大，灵活性好等特点，且便于交换机内的处理器间的联络。

## 3. IDN 的特点

综合数字网的主要优点如下：

- 1) 由于采用数字技术和数字设备，当模拟信号被变换成数字信号在 IDN 传输及交换时，不需再在连接点上反复进行数/模、模/数变换，信号交换几乎不产生附加的信号失真。而在传统的交换网中，信号的失真主要是这种反复转换产生的；

- 2) 时分交换原理的运用,使交换节点能够进行时间分步。它与传统的交换(空分)相比,可减少硬件材料、节约费用,经济效益也较好;
- 3) 交换设备能进行存储程序控制,无需复杂的硬件完成且接续快,可靠性高;
- 4) 失真不积累,抗干扰性强;
- 5) 易于提供其他业务,灵活性好;
- 6) 利用计算机可监测 IDN 的各项特性。

IDN 的主要缺点是全网必须进行同步,且信号传输要求的频带较宽。

#### 4.4.2 综合业务数字网的基本概念及特点

综合业务数字网(ISDN)是在综合数字网(IDN)的基础上发展而成的。ITU-T 在 ISDN 的 I 系列建议中,对网络定义、结构、标准接口和业务功能等作了系统规定。

##### 1. ISDN 的基本概念

ITU-T 对 ISDN 的定义为:这种网络能提供端对端的数字连接,能支持广泛的电信业务,用户可通过一组有限的、标准的、多用途的用户/网络接口接入网内。这就是说,ISDN 可以将不同网(电话网、电报网和数据网)内承担的各种电信业务合并由一个网络来承担,用户可通过通用设备和标准接口与网络连通,它不仅能承担包括语音和非语音在内的多种电信业务,还能承担包括数据通信、用户电报、传真、高质量电话、可视图文、电子信函、家电控制等新业务。

在综合数字网中,用户线路是模拟的,而在 ISDN 中,用户线路必须实现数字化传输,这也是 ISDN 与 IDN 在网络构造上的主要区别。这种数字化线路在其容量限度内,可根据用户业务的需要改变信号流的传输速率,关键是必须规定有效的用户与通信网接续的标准协议和接口。IDN 和 ISDN 的原理分别见图 4.5 和图 4.6。

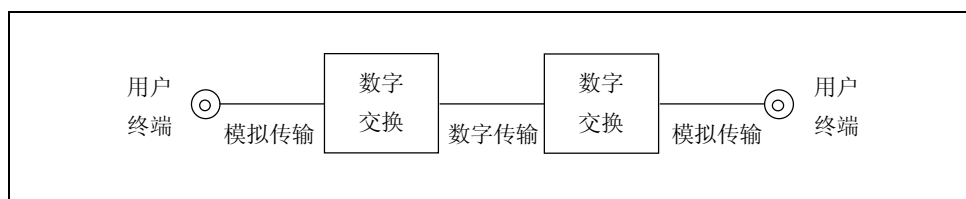


图 4.5 IDN 示意图

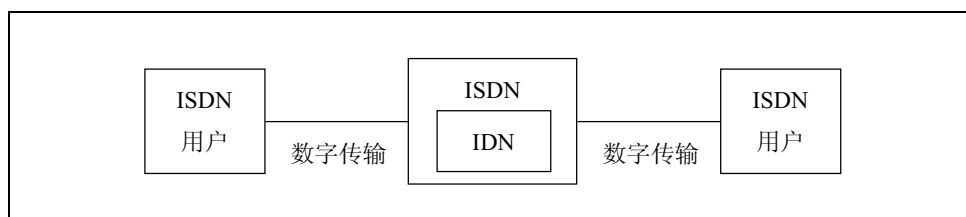


图 4.6 ISDN 示意图

## 2. ISDN 的特点

- 1) ISDN 可提供包括语音和非话业务等多种业务；
- 2) ISDN 是在电话 IDN 基础上发展而成的，ISDN 发展初期还是以电话业务为主；
- 3) ISDN 的主要特点是在网内可实现端到端的数字连接（指用户端到端的数字连接）。因此，该网络具有综合多种业务的能力，即该网络具有承担广泛的话音和非话音业务的通信能力；
- 4) 用户通过一组标准的、多用途的用户/网络接口接入网络，用户/网络接口能够适应不同业务的终端；
- 5) ISDN 的用户终端设备和网络组成可以分别开发，网络可用不同方式向用户提供多种业务；
- 6) 为了便于维护和网络管理，ISDN 还具有包括信息在内的综合网络功能。对各种业务而言，根据所承担业务的需要来选择网络功能。

### 3. ISDN 可实现的主要传输功能

- 1) 中、高速专用线功能;
- 2) 中、高速电路交换功能;
- 3) 64kbit/s 的专线功能;
- 4) 64kbit/s 的电路交换功能;
- 5) 分组交换功能;
- 6) 实现传送到用户的公共信道信令功能, 一般采用 No.7 信令系统;
- 7) 用户交换功能(包括用户线信令终端和计费等)。

64kbit/s 电路交换连接功能是 ISDN 的基本功能, 此外它还有 384kbit/s 中速电路交换功能以及大于 2Mbit/s 的高速电路交换功能。ISDN 的主要用户之一是企业和机关团体, 它们从电信部门租用专线, 把分散在各地的专用小交换机(PBX)相互连接起来, 构成本单位的专用网。

#### 4.4.3 ISDN 的业务终端

就目前已开发的业务情况, 可接入 ISDN 的业务终端有:

##### 1. 数字电话

在 ISDN 中的电话终端是数字电话终端, 或者是可以含有数字电话功能的多功能终端。数字电话接入速率是 64kbit/s 的 PCM 信号。

数字电话终端就是把连续的语音信号、图像信号和离散的计算机信号综合在一起, 然后转化成数字信号形式传送给对方, 并能完成相反过程的一种通信终端设备。这是一种面向综合业务数字网(ISDN)的终端设备, 是办公室自动化(OA)和家庭自动化(FA)的得力助手。

##### 2. 用户电报和智能用户电报

##### 3. 可视图文

可视图文又称交互型图象业务。它是利用电话机与电视机相配合, 再加装一种适配器构成的一种利用电视机显示的数据通信装置。这种装置可通过 ISDN

接入可视数据中心进行双向数据通信，用户用键盘发布命令，并向数据中心获取数据，然后数据中心再根据用户要求，向用户发送所需要的数据信息（包括图形），通过电视屏幕显示出来。

4. 传真（G4 型传真机）

5. 可视电话和会议电视

6. 各种数据业务

在 ISDN 中可以开放各种数据业务，如计算机间通信、情报和资料检索，还可用于商业物资查询和家庭自动化的遥控、遥测及数据收集等。

值得注意的是，目前多媒体通信终端发展越来越快，多媒体是指一对通信客体同时以两种以上的媒体在一个网络中交互信息，显然这种以多媒体协同的方式通信所达到的效果比单一媒体传递信息的效果要好得多。ISDN 为跨城市、跨国家的多媒体通信提供了实现的可能。

#### 4.4.4 ISDN 的用户/网络接口

ISDN 用户/网络接口的作用是使用户相互交换信息。ITU-T 的 ISDN 用户/网络接口标准规定了用户终端设备与网络连接的条件，得以实现连接的用户/网络接口设备和接口标准，它是支持 ISDN 各种业务发展的重要技术之一。

##### 1. 用户接入的参考配置及接入参考点

用户接入网络的参考配置及接入参考点如图 4.7 所示。所谓参考配置是指规定 ISDN 网各组成部分之间连接关系的系统模型。在用户和网络接口配置中，使用了“用户功能组”和“参考点”两个基本概念。所谓用户功能组是指一组实现 ISDN 用户接入网络所需要的功能部件，参考点是用户访问（或接入）网络的连接点，或者是不同终端之间的分界点。

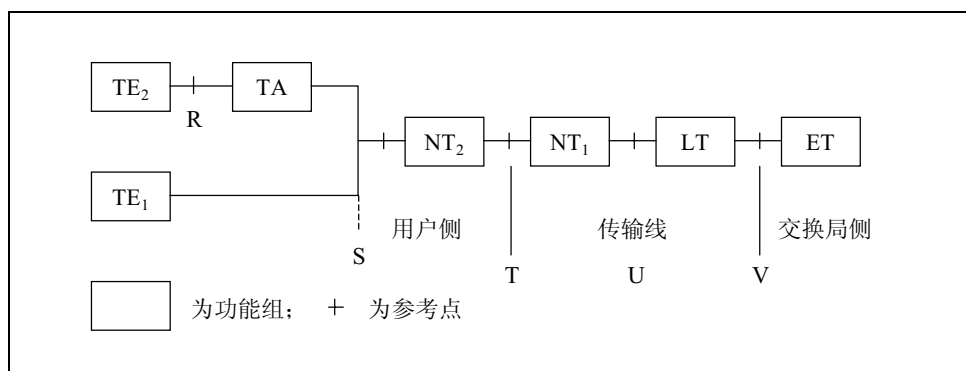


图 4.7 ISDN 用户接入网络的参考配置

TE<sub>1</sub> 是指标准的 ISDN 用户终端设备，也就是符合 ISDN 用户/网络接口要求的终端设备，如数字电话机和 G4 类传真机等。

TE<sub>2</sub> 是指不符合 ISDN 用户/网络要求的终端设备，如 PC 机、X.21 或 X.25 数据终端和 G2/G3 类传真机等。

NT<sub>1</sub> 为网络终端设备，能够实现线路传输、线路维护和性能监控等功能，并能实现定时、馈电、多路复用及接口等功能，以达到用户线传输的要求。

NT<sub>2</sub> 执行 PBX（用户小交换机）、LAN（局域网）和终端控制设备的功能。

TA 为终端适配器，其功能是可使任何非标准的 ISDN 终端转接到 ISDN 中。

LT 为线路终端设备，也是用户环路和交换机的接口设备，可实现交换设备和线路传输的接口功能。

图中 R、S、T、U、V 都是参考点。R 是 TA 和 TE<sub>2</sub> 的分界点，S 位于 TE<sub>1</sub> 和 NT<sub>2</sub> 之间，T 是用户和网络的分界点，U 是 NT<sub>1</sub> 和 LT 的分界点，V 是 LT 和 ET 的分界点。

ITU-T 对用户和网络的分界点 T 的接口做了规定，即接口信道协议。只要遵守这个规定，就可将同一终端携带到世界上任何地点使用。S 点是用户和网络的分界点，可以根据 T 点的协议规定 S 点接口。当不用 PBX 等装置时，不存在 NT<sub>2</sub>，在这种情况下，S 点和 T 点往往合并成一个点，并称为 S/T 点。

## 2. 用户接入网络的信道及接口速率

到目前为止，ITU-T 只规定了两种用户/网络接口速率：基本接入速率和基群接入速率。

### 1) 基本接口速率(BRI)

基本接口速率是把现有的电话网的普通用户线作为 ISDN 用户线规定的接口，它是 ISDN 最基本的用户/网络接口。基本接口由两个传输速率为 64kbit/s 的 B 信道和一条传输速率为 16kbit/s 的 D 信道构成。两条 B 信道可以独立地用来传送用户信息，D 信道则用来传送信令信息和分组数据信息。基本接口主要用于一般 ISDN 用户，可接一般用户终端及办公室设备等。

### 2) 基群速率接口(PRI)

基群速率接口主要面向设有 PBX 的用户，或者是具有召开电视会议用的高速信道等需要很大业务量的用户。考虑到基群中所要控制的信道数量较大，所以规定基群接口中的 D 信道速率是 64kbit/s。基群速率接口除 B 信道外，又增加了 H 信道，其包括  $H_0/H_{11}$  和  $H_{12}$ 。而  $H_0$  的速率是 384kbit/s、 $H_{11}$  是 1536kbit/s、 $H_{12}$  是 1920kbit/s。表 4.1 为 ISDN 用户/网络接口的种类和具体参数。

表 4.1 ISDN 用户/网络接口种类和参数

用户/网络接口类型	物理接口	接口结构		附 注
		结构名称	信道结构	
基本接口	144Kbit/s	基本接口	2B+D	D=16Kbit/s
基群速率接口	1544kbit/s 或 2048kbit/s	B 信道接口	23B+D(1544Kbit/s) 30B+D(2048Kbit/s)	D=64Kbit/s
		$H_0$ 信道接口	4 $H_0$ 或 3 $H_0$ +D(1544Kbit/s) 5 $H_0$ +D(2048kbit/s)	D=64Kbit/s
		$H_{11}$ 信道接口	$H_{11}$ (1536Kbit/s) $H_{12}$ (1920Kbit/s)	D=64Kbit/s
		B/ $H_0$ 信道混合接口	nB+m $H_0$ +D	D=64Kbit/s

## 4.4.5 ISDN 交换机

ISDN 的目的是把多种业务综合进一个网中，ISDN 交换机就是能满足多种业

务需求的交换机。ISDN 是以综合数字网(IDN)为基础的,是由 ISDN 程控交换机改进而成。在现阶段,ISDN 交换机本身并不是非要具备完全的分组交换功能,它只能与公用或专用分组交换数据网及用户电报网进行互通即可。

ISDN 交换系统具有以下主要功能:

1. 一层功能，能对数字用户进行连接；
2. 二层功能，能进行 D 信道 2 层协议处理；
3. 64kbit/s 电路交换功能，能进行 64kbit/s 电路交换；
4. D 信道信令(S)信息处理与交换控制功能，能以 D 信道协议为基础进行交换；
5. 分组交换互通时，能进行互通信令处理，能进行呼叫选路、兼容性检查和内部分组呼叫的连接；
6. D 信道上分组信息的多路复用及分接。

ISDN 交换系统功能结构图如图 4.8 所示。

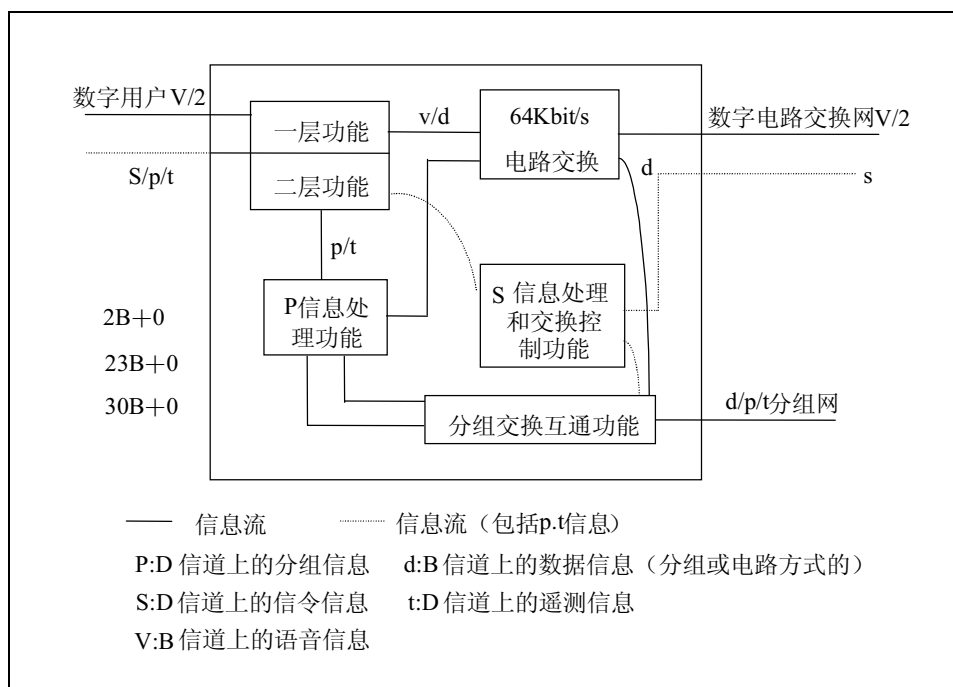


图 4.8 ISDN 交换机的功能结构图

#### 4.4.6 宽带综合业务数字网(B-ISDN)

当今世界正向信息化发展，要求通信多样化、高速化、数字化、宽带化和综合化，对数据、图像和传真等业务的要求也越来越高。而目前只有基本速率接入和基群速率接入的窄带综合业务数字网(N-ISDN)，没有传输高清晰度电视(HDTV)、高速数据和广播电视等宽带业务，为此世界各国的电信运营部门及通信设备制造公司都致力于开发、研制能够适用宽带、高速的综合业务数字网(B-ISDN)。我国也于1995年在广州开通了第一个B-ISDN示范点。

##### 1. B-ISDN 的业务类型

B-ISDN 是从 N-ISDN 发展而来的，它除了提供各种宽带业务外，还需提供正在逐步实施的 N-ISDN 的各种业务。B-ISDN 所提供的主要宽带业务和窄带业务。如表 4.2 所示。

表 4.2 B-ISDN 的主要宽带业务和窄带业务

业务种类		持续时间 (分钟)	速率 Mbit/s
ISDN 业务	电 话	2-3	$4 \times 10^{-3} \sim 64 \times 10^{-3}$
	传 真	0.1~2	$< 64 \times 10^{-3}$
对话型	高速数据	0.1-60	$> 1$
	可视电话	2~3	1~135
检索型	文件检索	3	1~33
	宽带可视图文	10	1~135
分配型	电视	60	33~135
	HDTV	60	140~270

从网络支持能力的角度来看，可以从源与目的地的定时关系、比特率与连接模式三个方面把 B-ISDN 业务归纳为表 4.3 所列举的内容：

表 4.3 B-ISDN 的业务类型

业务类型	第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类
源与目的地定时关系	要 求	要 求	不要求	不要求
速率	恒 定	恒 定	可 变	可 变
连接模式	面向连接	面向连接	面向连接	无连接
业务类别	恒定速率 的可视图像	可变速率 的视听业务	面向连接的 数据传输	无连接的 数据传输

## 2. 异步转移模式 (ATM: Asynchronous Transfer Mode)

ATM 技术是将数字化的语音、数据和图像等信号分解成固定长度的数字块, 通常称为信元。信元分为信头和净荷(信息字段)两部分, 信头上含有地址信息(信元的结构已在第二章作过介绍), 由信元进行统一的信息传输。为容纳不同业务, 可以按具体的业务要求对信元进行动态分配, 以满足不同业务传送速率和质量的要求, 从而自动地实现各种业务的综合传输。

ATM 是电路交换技术和分组交换技术的结合, 能最大限度地发挥电路交换与分组交换的优点, ATM 技术具备综合传输实时的语言信号、数据和高清晰度电视图像信号的能力。由于在 B-ISDN 中, 不仅有语音、传真、数据等业务, 而且还有可视电话、高清晰度电视等业务, 这些通信业务传输速率差别较大, 而且有些业务的实时性要求较强。而 ATM 交换对各种不同速率的业务适应性好, 从 1kbit/s 的遥控遥测信号到 140Mbit/s~270Mbit/s 的活动电视信号, ATM 交换都能实时地完成, 因而是目前实现 B-ISDN 的最好交换方式。

ATM 可提供一种虚连接, 虚连接是指两点逻辑上的连接。通过虚呼叫实现虚连接的通信路由称之为虚电路。虚呼叫是指收发双方之间最初交换的信元(即逻辑信号), 这类似于打电话过程中的建立呼叫。虚连接建立后, 被连接两点可以随意在任何时候交换信息, 双方只要使用较短的逻辑信号, 即可沿呼叫所确定的虚电路在通信双方之间传送信元。虚连接不预约交换容量, 因此典型的数字通信中存在的长时间空闲不再消耗容量, 这样本机接入线带宽就可按要求分配给复用连接, 而不只是为一个话音或一个数据呼叫服务。

虚连接代表一种与格式、速度和内容无关的万能机制, 能很好地用于声音、视频和数据等通信中。它只在要求的时候使用传输和交换资源, 不占用连接

空间，这种动态资源分配减少了对资源的浪费。

ATM 交换采用的硬件是用高度集成的开关元件处理信源的交换，从而可以简化网内的协议，提高工作速度并具有按信头地址自选路由的功能。由于开关速度可以控制，所以可随业务量和信息速度的变化而变化，因此 ATM 可以提高高速通信的信源转移频次，并相应降低低速时的转移频次，从而满足不同速率不同带宽的各种信息的交换和传输。

在 ATM 网络中，所有用户信息不论信源输出的信息量有多大，都一律分割或组装成长度相等的信元，其中含有路由识别用的信头。网络对于用户每单位时间为送出的信元数，只要不超过呼叫建立时商定的上限，是没有任何限制的。可对来自不同信源，不同用户的信息流在网络中随机地复合在一起，靠信头加以识别。ATM 交换机的作用就是阅读到达缓冲器的第一个信头，根据信头中的地址信息把信元送往适当的出口，并最终送往用户。

### 3. B-ISDN 的一种网络结构模型

宽带综合业务数字网的一种网络结构模型如图 4.9 所示。它由一个功能群组成。

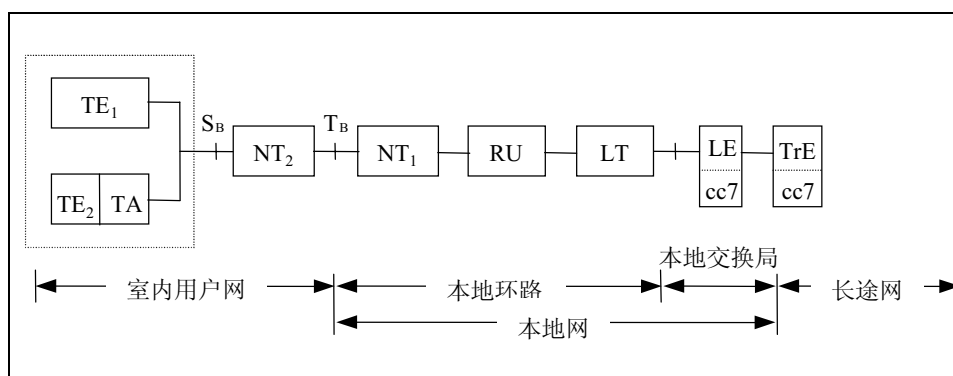


图 4.9 B-ISDN 的一种网络结构模型

#### 1) 室内用户网

该网络是包括用户终端至  $T_B$  参考点之间所包含的机械设备。B-ISDN 的终端设备(TE)通常有两类：一类是标准终端  $TE_1$ ，其功能遵守 B-ISDN 用户/网络接口的建议，可直接与用户线路连接；另一类是非标准终端  $TE_2$ ，它需与一

个终端适配器(TA)进行速率适配的协议处理后,才能与 B-ISDN 接口相连。  
室内用户网的拓扑结构常用总线网、星形网和环形网。

## 2) 本地环路

本地环路由网络终端 NT 的复用功能部分、传输线路和线路终端 LT 组成。环路中的  $NT_1$  为用户传输线路终端装置,它拥有相当于 OSI 参考模型第 1 层(物理层)的全部功能。而用户网内的  $NT_2$  (网络终端 2) 既拥有相当于第 1 层的功能,还拥有第 2、3 层的本地交换、复用和集线功能,如常见的 PBX (用户小交换机)、LAN (局域网)和终端控制器等。

## 3) 本地交换局

宽带 ISDN 的网络能力主要体现在本地交换局。

## 4) 长途网

它可由异步转移模式(ATM)实现,也可由同步转移模式(STM)实现,但 ATM 是实现 B-ISDN 的目标转移模式。

关于 B-ISDN 所涉及的内容较多,在这里我们只介绍以上几个最主要的内容。

为使大家对通信网的基本组成及一些通信设备在通信网中的相互关系及其主要的功能有较清楚的了解,我们用如图 4.10 所示的一个通信网的基本组成图来说明上述各项内容。

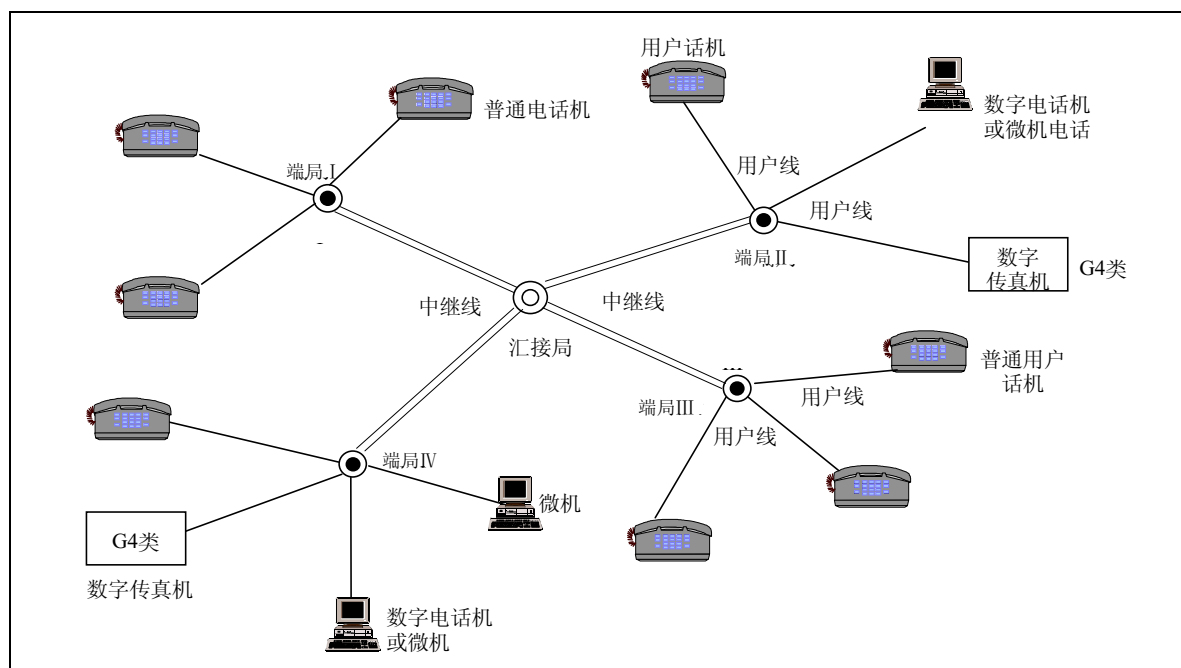


图 4.10 二级交换的通信网基本组成示意图

图 4.10 中是由二级交换中心组成的网，该网是一个模拟和数字混合的通信网。网中的端局 I 和 III 是模拟局，主要采用的是语音通信；而端局 II、IV 既有语音也有非话业务（如数字电话机和数字传真机终端）。该通信网是由用户线路、中继线（统称为传输线路）、端局及汇接局中的交换设备和用户终端设备（如普通电话机、数字电话机、微机和传真机等）三部分组成。由图中的端局到各用户终端的连接线路称为用户线路；而由端局到汇接局及汇接局到汇接局的连接线称为中继线路。图中的这种通信网的结构在网络拓扑上称为汇接式的星形网。

根据图中所示的各种业务类型分析得知：

- 端局 I、III 的业务类型主要是语音业务，故这两端局的交换设备可采用数字程控交换机和模拟程控交换机。因为其要交换的信号是模拟语音信号，因而将这样的通信网称为模拟网。
- 端局 II、IV 的业务类型既有语音业务也有非话业务。因此端局 II、IV 的交换设备可采用程控数字交换机和数据交换设备，当然最好采用 ISDN 交换设备。因为其要交换的信号是数字信号，因而将这样的通信网称为数字通

信网。

- 汇接局的交换设备最好采用 ISDN 交换设备，这样既可实现话音的交换，也可实现非话业务的交换。
- 以 I、III 端局汇接局的中继线可采用一般的金属线，也可采用 PCM 的复用设备或相应的光纤通信传输设备。
- 从 II、IV 端局到汇接局的中继线上传输的是数字信号，故其应采用 PCM 的复用设备或相应的数字光纤通信传输设备。
- 各端局的主要功能是收集本地区的各个用户并组成一个本地网；汇接局的主要功能是实现各个不同端局之间的各个用户之间的信息交换，从而扩大了通信网的服务范围，能为更多的用户提供信息交换的服务。
- II、IV 端局的某些用户线必须采用适合数字信号传输的线路，或采用 ISDN 基本速率接入的接口。

## 第五章 通信技术的发展方向

进入 80 年代后,全世界信息化的步伐明显加快,西方各国在经济增长长期疲软的情况下,信息业的年增长率却超过 15%,为同期人均国民生产总值(GNP)增长速度的 3~5 倍。据专家预测,全世界通信业务市场将从 1991 年的 4600 亿美元增长至 2000 年的 1 万亿美元,这一速度也是其它行业难以比拟的。我国的电信业务市场多年来一直以 40~50%速度递增,成为世界上电信发展最快且最有潜力的国家。

由于科技和经济发展对知识的需求,使世界知识信息量呈爆炸式增长,处理、存储、传输、分配和利用日益庞大的信息资源,导致社会对通信有持续旺盛的需求。这表现为:

1. 语音通信业务仍会增长,但要求有智能的补充服务,有终端移动性和个人移动性的功能,使用起来更灵活方便。
2. 全世界的 PC 机已上亿台,PC 机的互连要求带宽要很宽,并需有高速的通信系统支持。
3. 文化娱乐对图像业务需求很高,到 21 世纪通信将视频带入家庭将是毋庸置疑的趋势。
4. 会议电视、数据和话音在商业活动中将变得非常普遍。
5. 居家工作、上学、医疗和购物在 21 世纪将成为一些企业和个人愿意接受的方式。

通信的发展也得益于微电子、光纤、计算机和软件技术的进步。

在市场牵引和技术的驱动下,通信网技术将逐步向数字化、综合化、宽带化、智能化、多媒体化和个人化方向发展。

### 本章主要内容:

- 电信业务的发展因素及发展方向

## 5.1 通信网的数字化

数字化就是在通信网上全面使用数字技术包括数字传输、数字交换和数字终端等形成数字网(DN)。随着数字技术日臻成熟和成本的不断降低,从 80 年代起,发达国家的通信网开始以较大步伐全面走向数字化。数字化一是向高速大容量发展,二是向提高传输效率和减少传输差错发展,三是提高网络灵活性。

## 5.2 通信网的综合化

通信网的综合化包括业务的综合、传输与交换的综合、业务网与支撑网的综合、硬件与软件的综合和通信与计算机的综合。

Versit 指一个企业或家庭,它是实现将电话、电视和计算机通信(或 Internet)三网合一的方法之一。

### 5.2.1 业务的综合

业务综合是指用单一的网络来支持范围广泛的业务。ISDN 就是根据这一概念提出来的,在电话网基础上借助一组有限的标准化的用户/网络接口,提供端对端的 64kbit/s 数字连接,用以支持范围广泛的窄带(<2Mbit/s)业务。

近年来由于 ISDN 标准化的制定,ISDN 用户终端设备成本的下降,Internet 的迅速发展,居家办公、居家教学等业务的推行,使联机数量大增,大大推动了 ISDN 的发展。90 年代初,ISDN 已开始在美国、欧洲、日本和澳大利亚等国投入使用,至 94 年,全美 ISDN 可用率已达 75%~100%。

ISDN 的业务及其应用包含有高质量话音、桌面型电视/电话/数据、点到点或点到多点的多媒体业务、多用户屏幕共享、文件与静止图像传送、远端工作站接入 LAN、LAN 的互连与扩展、接入 Internet 与帧中继内、连锁锁售点的经营与管理(POS)和自动读表系统等,此外数字租用线也是一种重要应用。

宽带 ISDN(B-ISDN)更是一种业务综合的目标网络。

除了 ISDN 和 B-ISDN 外,目前还有一些网向多业务化扩展,如移动通信网,除支持话音外,还在扩展功能用以支撑数据等非话业务。目前正在考虑使

CATV 网同时支持电视和话音信号, ITU-T 考虑的综合视象业务 IVS 则以兼容通信、广播和娱乐应用为目标。

## 5.2.2 传输与交换的综合

利用光纤将交换机远端模块移到靠近用户所在地, 可看成是将光纤通信技术介入到交换机内部。交换机中继线接口采用 SDH 光接口, 可看成是将 SDH 终端复用设备综合进交换机中, 接入网 V<sub>5</sub> 接口的提出则是将交换机的用户级移到接入传输系统的用户侧终端设备中, 无线移动交换台与交换机合装也是无线接入技术与交换技术综合的一种表现, 数字交叉连接设备则可能成为时隙交换接续技术在传输节点中的应用。

## 5.2.3 通信与计算机的综合

通信与计算机的综合不仅是指在通信设备中大量使用微处理器、网络 PC 与工作站, 而且还表明计算机与通信终端的界限已越来越模糊, 如 PC 插上 ISDN 卡便成为 ISDN 终端, 插上多媒体卡便成为多媒体技术终端。最近 IBM、AT&T、APP 在和西门子等公司联合制定了一个通过电话线路和计算机平台传输话音、数据、视频和图像的标准。该标准称为 Versit, 它在办公室、家庭、汽车或饭店等场合将计算机与电话集成(CTI), 实现各种应用和平台之间的数据交换, 以及与各大制造商生产的语音、电子白板和视频产品互连, 最终实现语音/数据/会议电视等的一体化通信。

# 5.3 通信网的宽带化

## 5.3.1 高速大容量的光传送网

光纤在 1310nm 和 1550nm 波长附近的可用带宽大约为 25THz(即 25000GHz)。微电子和光电子技术进步为利用光纤的宽带打下了基础。SDH 则为高速大容量传输开辟了道路。在 92 年左右 155Mbit/s、622.08Mbit/s SDH 系统就已投入使用, 94 年底 2.5Gbit/s SDH 系统又投入使用, 95 年 9 月 10Gbit/s 的 SONET 系统在美国得到使用。

利用电时分复用(TDM)技术可使光纤传输容量迅速扩充, 通常可使传输速率提高 4 倍, 系统成本只增加 2~3 倍, 即每话路成本可下降 1/3~1/2。实验室

已实现 20Gbit/s 的电时分复用技术，据专家预测，电时分复用可实现 40Gbit/s 速率。

波分复用(WDM)是进一步提高光纤传输容量的方法。WDM 系统每个波长间隔为 nm（纳米： $1 \times 10^{-9}$  米）级，当波长间隔进一步缩窄后即可得到 OFDM 系统（光频分复用技术），它需使用可调光滤波器或相干接收技术来提高分辨率，目前 OFDM 在干线上的使用尚未发挥优势。

光孤子，或称孤立波，是一种大功率短脉冲，该脉冲是在传播过程中形状、幅度和速度都维护不变的行波。该光脉冲经过长距离传输后仍能维持波形、幅度与形状不变。从理论上讲，光孤子可以超长距离传输高速信号，实验记录为 10Gbit/s 传 1.3 万 km，不过光孤子技术离真正实用化还有一段距离。

利用光时分复用技术(OTDM)将多路光孤子复用，可实现更大容量的光传输。OTDM 不存在多路功率相加而产生的四波混频(FWM)串扰及拉曼散射问题。目前 OTDM 的实验室水平为  $16 \times 6.3\text{Gbit/s}$ , 50km;  $80\text{Gbit/s}$ , 500km 和  $160\text{Gbit/s}$  200km。OTDM 的实现需解决全光解时分复用技术、光脉冲非线性压缩技术和光电时钟提取技术等问题。

### 5.3.2 宽带通信网

利用卫星通信系统（包括静止轨道同步卫星、低轨道(LEO)卫星、中轨道(MEO)卫星）与数字微波中继通信系统来构成宽带通信网。

### 5.3.3 宽带接入网

接入网是电信网的一个重要组成部分，它不仅投资比重大，而且直接影响着通信网向用户提供业务的功能、性能和成本。

常用的宽带接入网技术包含：基于铜缆的数字接入网(HDSL 和 ADSL)技术、混合光纤同轴电缆(HFC)接入网技术、光纤到路边(FTTC)或光纤到家(FTTH)的光纤接入网技术和无线接入网技术。

### 5.3.4 宽带数据网互连技术

近年来已开发了多种高速网间互连系统，如光纤分布数据接口(FDDI)、分布

排队双总线(DQDB)、交换型多兆比数据业务(SMDS)、帧中继(FR)和传递控制协议/互连协议(TCP/IP)等。

### 5.3.5 异步转移模式 ATM 和 B-ISDN

ATM 是一种基于信元（5 个字节信头，48 字节净荷）的快速分组交换方式，采用定长较短的字节，因而时延少，实时性强。ATM 可以被认为是第三代高速分组交换技术，具有高速、带宽分配的特点，适于支持数据、图像和语音等综合业务。

目前的 ATM 交换机端口速率为 1.5Mbit/s、2Mbit/s、45Mbit/s、51Mbit/s、155Mbit/s、622Mbit/s；总吞吐量为 1~2.5Gbit/s，多数 ATM 交换机实现的是 VP 交叉连接功能，而且多数为无信令功能的半永久连接 PVC。

B-ISDN 走向实用化还有很多技术问题需解决，如大容量交换网络、业务量管理与拥塞控制、网络操作维护管理、B-ISDN 的信令处理、B-ISDN 与其它网的互通等。

## 5.4 通信网的智能化

用户对通信的需求与日俱增，用户希望利用其终端获得更多的业务和服务，例如从电话中得到更多的信息服务和对电信业务有更强的支配能力。网络经营者则希望尽可能以少的投资快速生成新业务，以便及时适应用户的需求。因此在现代通信设施基础上开发的新业务有 200 号（密码记帐）业务、700 号（电话跟踪）业务、800 号（被叫集中付费：Freephone）、900 号（大众投票）业务和 VPNC 虚拟专用网业务等。这些新业务的开发为用户提供了很多方便，也为网络经营者带来很大效益。仅以 800 号业务为例，美国 AT&T 公司 1993 年 800 号业务收入为 230 亿美元，占当年该公司长途业务收入的 40%。据有关专家预测，到 2000 年这类补充业务（新业务）收入将占电信总收入的 20%。

在现代通信网中，利用智能网方式使通信网形成业务平台，这样就很容易发展这些补充业务。

智能网将业务逻辑从交换机中分离出来，交换机只有一个业务交换点(SSP)。它接受来自用户的呼叫，提出业务要求送到业务控制点(SCP)，并执行 SCP

的指令实现交换机接续。

SCP 包含多种智能业务的呼叫处理逻辑,进行适当处理后指定 SCP 如何处理呼叫。SCP 与 SSP 之间是通过 No.7 系统的信令转发点(STP)相连的,SCP 通过分组网等与业务管理系统(SMS)相连。SMS 处理业务管理工作包括业务提供、监视、预订和用户数据管理等。智能业务的设计者通过业务生成环境(SCE)所提供的接口与 SMS 相连,业务设计者利用业务生成语言,便可开发智能业务。为了便于生成各种各样的智能业务,采用了与业务无关的构件(SIB)方式,不同的 SIB 组合可得到不同的业务。上述功能单元构成了智能网(IN),有些情况下还需要有智能外围(IP),它连到 SSP,协助业务逻辑程序在处理呼叫时与用户交互作用,例如语言提示与 DTMF 接收等。利用这种智能网结构化概念使业务的修改、生成与交换机分离,大大节省了新业务投入的费用和时间。

目前 IN 主要是在 PSTN 或 ISDN 上实现的,随着网络业务宽带化和多媒体技术的发展,需要有更为强劲的 IN 控制机能适应多媒体与多点业务以及不同质量的要求。此外,在 B-ISDN 和多媒体通信中,终端之间兼容性、安全性、计费以及业务生成等都需要有 IN 的支持。

## 5.5 通信的个人化

个人化也叫个人通信,它把“服务到家的通信方式变为”服务到人,使任何人随时随地都可以同任何地方的另一个人进行通信,不管通信双方处于静止状态还是移动状态,都能利用分配给个人的号码(而不是用像目前分配给电话线的号码)完成通信。目前有些初级阶段的个人通信系统,如公用无绳电话系统 CT2 和微蜂窝电话系统 DECT。

基于个人通信移动性的概念,在 90 年代初就提出了个人通信网(PCN)和个人通信业务(PCS),在 ITU-T 中则称为通用个人通信(UPT)。

UPT 是一种业务概念,它允许在个人移动的情况下获取电信业务。它能使一个 UPT 的使用者享用一组由使用者规定的预订业务,并利用一个对网络透明的 UPT 个人号码,跨越多个网络在任何地理位置的任何一个固定或移动的终端上发出或接收呼叫,它只受终端、网络能力及网络经营者规定的限制。

能够提供 UPT 业务的网络就称为个人通信网。个人通信网综合了移动通信

网、ISDN、PSTN 和智能网技术，是一种全球通信网络。

实现个人通信的关键技术有多址技术、分布和智能数据库技术等。由于个人用户数量极大，要求网络容量与之适应，而信道特别是无线频谱资源又有限，因此必须合理分区，选择合适的多址技术。要使个人用户在 PCN 内做到无约束自由通信，网络必须及时记录、提取和修改有关位置登录、呼叫应答、计时计费、网络监测、故障诊断，加密安全、身份认证和切换漫游等数据，并选择最佳路由提供用户所需功能，这就要求网络智能化，有高吞吐量、低时延、高可靠性的数据库，例如分布式并行处理数据库等。

## 5.6 通信的全球化

进入九十年代以来通信发展的总趋势是全球化，这主要表现为网络全球化和服务全球化，个人通信网和今后的 GII 都是全球化网络，目前在这方面最为突出的是 Internet（国际计算机互联网）。

Internet 从区域计算机网走向全球计算机网，从学术性网走向商业性网，今天它已拥有丰富的网络资源，实用的应用工具，成熟的网络互联技术和有效的管理方式。它已成为全球科技、商业、军事和生活的重要资源与桥梁之一。有人说“Internet 变得越来越大，地球变得越来越小”了。

### 5.6.1 IP 交换概念的提出

由于 Internet 从局域计算机网走向全球计算机网，网内的数据流量将大大增加，而网中的路由器处理速率较慢，成为 IP（Internet Protocol）网发展的“瓶颈”，为此提出了 IP 交换的概念。

IP 交换是 Ipsilon 公司提出的在 ATM 网络上传送 IP 分组数据的技术。IP 交换的核心是 IP 交换机，如图 5.1 所示。它由 ATM 交换机和 IP 交换控制器组成，IP 交换控制器主要由路由软件和控制软件组成，ATM 交换机的一个 ATM 接口与 IP 交换控制器的 ATM 接口相连，用于控制信号和用户数据的传送。在 ATM 交换机与 IP 交换控制器之间使用的控制协议是 RFC 1987 通用交换机管理协议（GSMP），在 IP 交换机之间使用的协议是 RFC 1953 Ipsilon 流管理协议（IFMP）。

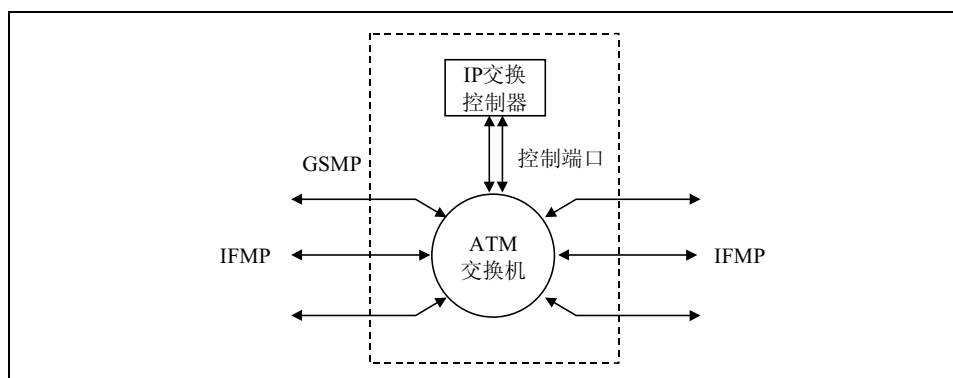


图 5.1 IP 交换机的结构

IP 交换的基本概念是流的交换，一个流是从 ATM 交换机输入端口输入的一系列有先后关系的 IP 包，它将由 IP 交换机控制器的路由软件来处理。通过 GSMP 协议，使得 IP 控制器能对 ATM 交换机进行控制，完成直接交换。IFMP 用于相邻的 IP 交换机控制器、IP 交换网关或支持 IFMP 的网络接口卡之间请求分配一个新的 VPI/VCI，以便把现有的网络或主机接入 IP 交换机中，或用来控制数据传输。

IP 交换机是 ATM 和 Internet 两种技术的结合，利用 ATM 网络为 IP 用户提供高速直达数据链路，既可以使 ATM 网络运营部门充分利用网络资源，发展 ATM 网上的 IP 用户业务，又可以解决 Internet 网络发展中遇到的瓶颈问题。

### 5.6.2 第三层交换概念的提出

当 Internet 网络中存在巨大的数据流量时，即使采用高档的干线路由器也难以应付，交换机虽有快速的处理能力，但其是一个多端口的网，不可避免会发生广播和多点发送网络广泛涌向所有端口的现象，而大平面网络引发的这种现象只能采用路由器来防范，为解决路由器和交换的矛盾，可采用第三层交换的方法。第三层交换机是一种综合交换机速度和路由器流量控制功能于一体的新的网络互连设备。第三层交换就是在保持路由器对网络的控制能力的同时还能够达到交换性能的一种技术。

路由器是网络 OSI 七层结构中的第三层设备，交换机则在第二层。如前所述，路由器和交换机各有优缺点，两者可以互为补充。

第三层交换机只在介质访问层处理数据包，主要是检查目的介质访问层

(MAC)地址,如果 MAC 地址不能在地址表中查到,所有的交换机都会把它扩散出去,就好像收到一个广播封包一样,这是二层交换机的弱点。若这个检查目的的 MAC 地址的工作用一个专用集成电路(ASIC)来做速率是非常快的,但由于它不查看数据包更多的内容,就无法作出有关策略方面的判断,因而对数据流的控制功能不强。而要查看数据包更多的内容,如目的地 IP 地址和 TCP 端口等,这些都要求设备具有第三层交换的功能。

在一个 TCP/IP 的以太网里,广播不可避免地占用了一定的带宽,但广播毕竟不是真正的文件传输,应尽可能降到最低,因此便把一个 TCP/IP 网分成若干个子网,使广播仅局限在子网内,子网间的通信即为第三层交换。

第三层交换机将核心信息包处理功能直接嵌入到微处理器的标准路由器中。一个高效率的第三层交换机必须能将第二层和第三层的功能综合在一起。它必须同时具备人们所期望的高速率和低耗时这种通常只有第二层交换机才有的特性,还必须提供尽可能多的路由功能,如链路故障时的动态路由再选择以及在每一跳重新计算数据包和校验等功能。完成这些处理过程的开销正是传统路由器的传输速率远低于交换机的原因。

第三层交换机的体系结构不仅对提高局域网的性能有重大的贡献,而且也将影响未来局域网路由设备的设计思路。

## 第六章 华为通信产品综述

深圳市华为技术有限公司（以下简称华为公司）是国内生产通信系列设备和产品的大型公司。华为公司生产的产品覆盖从程控交换机到电话终端等通信的各个领域，不仅在国内的公用通信网中得到广泛的应用，而且还以其优越的功能、性能及灵活性，在香港、东欧等国家和地区赢得了海外用户的青睐。华为公司的产品起步高，性能好，已达到国际同类通信产品水平，甚至有些产品在性能上还拥有自己的特色，这就是华为公司产品能占有较大的国内市场和挤入国际市场的重要原因之一。

### **本章主要内容：**

- 华为公司的主要产品系列
- 华为产品在现代通信中的应用

## 6.1 华为公司主要产品系列

华为公司通信产品很多主要有以下几类：

### 6.1.1 交换网络

- C&C08 数字程控交换机

### 6.1.2 传输网络

1. SBS<sup>®</sup>155/622/2500 SDH 光传输系统
2. SBS<sup>®</sup> - 68 SDH 光传输系统
3. SBS<sup>®</sup> - HDSL 高比特数字用户线

### 6.1.3 接入网

- HONET<sup>®</sup>综合业务接入网

### 6.1.4 有线电视（CATV）网络

1. InfoLink<sup>®</sup> - CATV 光传输系统
2. 无线接入系统 ETS<sup>®</sup>

### 6.1.5 GSM 网络

- 华为 M900/M1800 GSM 系统

### 6.1.6 数字微蜂窝系统

- DMC1900 数字微蜂窝系统

### 6.1.7 ETS 无线接入系统

1. ETS450 无线接入系统

2. ETS1900 无线接入系统

#### 6.1.8 多媒体通信

1. ViewPoint®会议电视系统
2. ViewPoint®远程监控系统

#### 6.1.9 多媒体综合信息服务系统

1. INtess-160 综合信息服务系统
2. INtess-114 电话号码查询系统
3. INtess-112 集中测量系统
4. INtess-VMAX II 语音邮箱系统

#### 6.1.10 电信支撑网

1. Synlock®通信综合定时供给系统
2. C&C08 STP
3. NetKey®电信管理网系统

#### 6.1.11 智能网

- 智能网 TELLIN®

#### 6.1.12 数据通讯产品

1. Quidway®T800 ISDN 网络终端 (NT1)
2. Quidway®T800 ISDN 数字电话机
3. Quidway®T820/821 终端适配器
4. Quidway®T830ISDN 接入适配卡

5. Quidway®R2501 远程分支路由器

6.1.13 电源产品系列

1. PS48 系列智能通信电源系统
2. 模块电源
3. PSMS 动力设备及环境集中监控系统

6.1.14 终端产品

6.1.15 其它

1. EAST8000 数字程控用户交换机
2. JPX202 双面卡接式总配线架
3. JPX202 单面集成卡接式总配线架
4. 配线柜和挂墙式配线架
5. JPX201、JPX202 系列卡接式总配线架
6. 智能报警系统

6.2 华为主要产品概述

现代通信网由接入网、交换网和传输网三部分组成。深圳华为公司所生产的系列通信设备和产品，可以装备现代通信网的各个组成部分。也就是说，华为公司能为现代化的通信网提供优良的、全方位的服务。下面简要说明华为产品与现代通信网各部分间的关系。

6.2.1 与交换网部分有关的产品

华为公司能装备交换网部分的产品主要是 C&C08 数字程控交换机及其配套

设备（如七号信令系统产品（CCS7 共路信令）和 INtess 综合智能业务系统 114/112/160……等）。该交换机的网络平台是基于九十年代先进的计算机技术、通信技术、光电技术、超大规模集成电路技术、多媒体与网络技术和面向对象的软件工程而设计的无阻塞大容量交换系统，它集光电一体化、交换传输一体化，有线无线接入一体化，窄带宽带一体化、基本业务与智能业务一体化、网络一体化和网络管理一体化等于一身。该产品为用户提供在公众电信网、专用通信网、传输系统、多媒体通信系统、智能网、ISDN、无线通信系统、宽带交换和接入网等方面的服务。

C&C08 交换机具有以下特点：

1. 交换系统母局与各交换模块之间采用高速光纤连接，光电一体化使模块间达到电气隔离。
2. 具有 SBS 系列内置式光传输系统，交换设备之间采用透明传输，突破了传输与交换分离的概念，将传输设备与交换设备融为一体，提高了系统性能并降低了设备成本和维护费用。
3. 既具有端局、长市农合一局、汇接局、长话局、长市合一局和国际接口局的全部接续功能，也有先进的商业网功能，适用于 C1、C2、C3、C4 和 C5 局，也适用于各种专用通信网。还具有号码转译，中继双向计费和信令转换功能，可作为网间接口局使用。
4. 具有各种数字模拟接口，在相同硬件基础上仅需软件设置即可支持 CAS、CCS7、No.5、R2、V<sub>5.2</sub> 等多种信令板槽位兼容，CCS7 信令 14 位与 24 位自动识别，具有 STP 综合型 STP 或独立型 STP 功能。C&C08 已完成和 S1240、5ESS、EWSD、AXE-10、F-150、E<sub>10</sub>-B、DMS100、NEAX61 等机型的 CCS7 对接。
5. 提供多种无线接入方式：大区制 ETS450、ETS450/150、数字微蜂窝小区制 DMC1900 和基于 V<sub>5.2</sub> 接口的其它无线接入设备。有线用户和无线用户可以混装，实现等位拨号，功能等同。

6. 提供 2B+D、30B+D、V<sub>5.2</sub>、PHI 等接口和 V.35 接口，具有 ISDN 功能；可接入 Internet、PSPDN、ATM、DDN 等数据网、多媒体通信网和用户接入网，具有话音/数据/图象等综合业务功能，可实现数据通信、会议电视、多媒体通信、VOD、远程医疗和远程教学等窄带与宽带业务。
7. C&C08 智能网具有交换和业务分离、全网智能化和面向业务用户的特点，可作为业务管理接入点 SMAP，业务生成环境点 SCEP、业务控制点 SCP、业务数据点 SDP、业务交换点 SSP 和信令转接点 STP，可支持独立的智能外设 IP，如语音信箱、会议电话桥、语音启动拨号设备等。
8. 具有性能完善的网管功能，组网方式灵活，同时可提供 Q<sub>3</sub> 接口接入 TMN 和邮电部软件中心 NOMA 网管系统。华为生产的 NetKey® 电信管理网系统包括交换网网管系统、传输网网管系统、接入网网管系统、动力设备与环境集中监控系统等各专业网管系统，对网上设备（包括 C&C08）全面实现了 TMN 建议的配置管理、性能管理、故障管理、安全管理和帐务管理等功能，提供标准 Q<sub>3</sub> 接口，可使各专业网管系统互联互通，组成电信管理网 TMN，建设一体化网络管理平台。

### 6.2.2 与传输网有关的产品

华为公司所生产的与传输网有关的产品为 SBS 传输系列产品，包括 SBS®H、SBS®155/622、SBS®2500、SBS®128X、SBS®W32 等传输设备及 SBS®MN 网管系统。

SBS 系列产品的特点：

#### 1. 灵活的组网能力

可以组成链形、星形、环形、网孔形网，还可以组成汇接局形式及 HUB 节点形式的复杂网络结构。

#### 2. 先进的双系统设计，巨大的通信容量

按照两倍容量设计的支路接入和线路传输能力，可使用户能传输更多的业务

信息，也可以组成传输容量更大的复杂网络（如光纤环型网络）。

### 3. 全面的交叉连接能力

作为 155Mbit/s 和 622Mbit/s 应用时，设备都可进行 VC<sub>12</sub> 级的线路与线路之间、线路与支路之间和支路与支路之间的全交叉，实现灵活组网、电路调度和保护倒换等多种功能。

### 4. 系统兼容性设计

SBS®155/622 采用兼容设计，155Mbit/s 升级至 622Mbit/s 只须更换群路板和交叉板。155Mbit/s 群路板可作支路板使用。

### 5. 交换、传输和接入一体化

全方位为通信网建设提供解决方案。

### 6. 优异的网管性能

功能强大的网管系统，多层次的网络管理，软件设定自愈保护模式。

### 7. 丰富的支路接口

接口板槽位兼容 2 Mbit/s、34Mbit/s、140Mbit/s 和 155Mbit/s（光/电）。

### 8. 完善的保护机制及自愈能力

多种工作模式和组网方式下的通道保护和复用段保护，以实现环网自愈功能。通道保护和复用段保护由软件设置完成。

### 9. 可靠的时钟同步性能

多种同步时钟选择和完善的工作机制，提供网络最佳同步性能。

### 10. 多种网络数据和用户数据通信接口

具有充分的开销字节（因为是 SDH 系统），提供丰富的用户数据通信接口。

### 11. 很好的横向兼容性

在 ITU-T 协议不完善的情况下，可以接入其他厂家的设备，随着 ITU-T 协议的日趋完善，可以对其他厂家设备进行网管。

#### 12. 分散的供电方式

系统采用单板供电方式，既增加了可靠性，又提高了系统的生成能力。

### 6.2.3 与接入网有关的产品

华为公司生产的与接入网有关的产品有两大系列：HONET®综合业务接入网和无线接入系统 ETS®。

#### 1. HONET®综合业务接入网

该系统在全国许多接入网工程建设中得到应用。HONET®系统具有电话、数据、视像三网合一的业务和功能，集光纤接入、无线接入(WLL)和铜缆接入(HDSL)于一体，能以链形、树形、环形等灵活的方式组网，可以实现光纤到路边(FTTC)和光纤到大楼(FTTB)，提供综合的业务接入能力。HONET 系统与交换机以开放的  $V_{5.2}$  接口相连。当交换局为 C&C08 交换设备时，还可以使用功能更强的内部协议，提供更多的新业务，使成本进一步降低。

该系统应用时具有如下的特点：

- 1) LE（本地交换局）通过 ADM（SDH 分插复用器）连接到 SDH 自愈环上，通过 SDH 自愈环与上级局相连。
- 2) LE 通过 X.25/X.75 接口连接到广域网上，以 TCP/IP 协议连到 Internet 网上，以 X.25 协议通过路由器与 LAN 相连。
- 3) LE 通过数据通信网与其本地网管系统以及网管中心相连。
- 4) LE 以  $V_{5.2}$  接口与 HONET®综合业务接入网的 OLT 光纤线路终端相连。

CATV 中心的视频信号以同轴电缆接到 OLT 上，来自视像服务器的数字图像信号经 ATM 交换并经调制器调制后，以同轴电缆接到 OLT 上。

- 5) HONET®接入网的网管系统通过 DCN 与 OLT 相连。
- 6) 接入网的 OLT 以光纤与 ONU（光纤网络单元），OLT 和 ONU 组成树形，环形结构的网络。
- 7) 远端用户 RSU 以 2B+D 接口接到 DNU 上。
- 8) DNU 以 HDSL 技术与 WLL（无线本地环路）的基站控制器 BSC 相连，并能提供  $V_{5.2}$  接口，BSC 以 2B+D 接口与基站 BS 相连，在无线本地环路系统中，既有无线移动用户，也有有线固定用户。
- 9) ONU 有三类业务：
  - a) 话音业务  
以双绞线提供话音、普通传真和低速数据等业务。
  - b) 数据业务  
以双绞线连到用户的计算机或其它的 ISDN 终端上。
  - c) 视像业务  
ONU 通过同轴 CATV 网络连到用户家中的 STB（机顶盒）上，STB 可与同轴线与电视机相连，提供 CATV、数字电视和 VOD（视象点播）业务。

## 2. 无线接入系统 ETS®

### 1、ETS 系统的组成

#### a) 基站控制器(BSC)

对无线信道进行分配，提供与交换机之间的信令接口与语言转换。

#### b) 基站(BS)

提供与用户终端设备相连的无线收发信道。

#### c) 用户终端

用以连接各种终端设备（包括电话、传真机等）和提供网络维护管理功能的 NMS。

2) 在 ETS 系统中基站与基站控制器的连接方式

- a) 2B+D 的 ISDN 用户线，0.4mm 线径可传输 5km~7km;
- b) 普通用户线，0.5mm 线径可传输 5km~7km;
- c) PCM 2Mbit/s 接口，用光纤传输;
- d) 数字微波传输。

3) ETS 的基站控制器与本地交换机(LE)的接口类型

- a) PCM 2Mbit/s 数字接口采用中国 1 号和 No.7 号信令;
- b) 标准  $V_{5.2}$  接入网接口;
- c) 可提供 No.7、MFC 到  $V_{5.2}$  协议的转接。

4) ETS 系统的特点

- a) 多个频段

450/150 MHz 及 800MHz

- b) 扩容方便

4~32 信道积木式扩容

- c) 功能完善

可提供多种新业务功能

- d) 计费灵活

可按多种方式计费

- e) 成本低廉

ETS 是国外 WLL 产品价格的  $1/3 \sim 1/4$

f) 组网灵活

一个 BSC 可带多达 16 个基站

### 6.3 华为产品在现代通信中的应用

图 6.1 为华为产品在现代通信网中的应用。下面进一步说明华为产品与现代通信的关系。

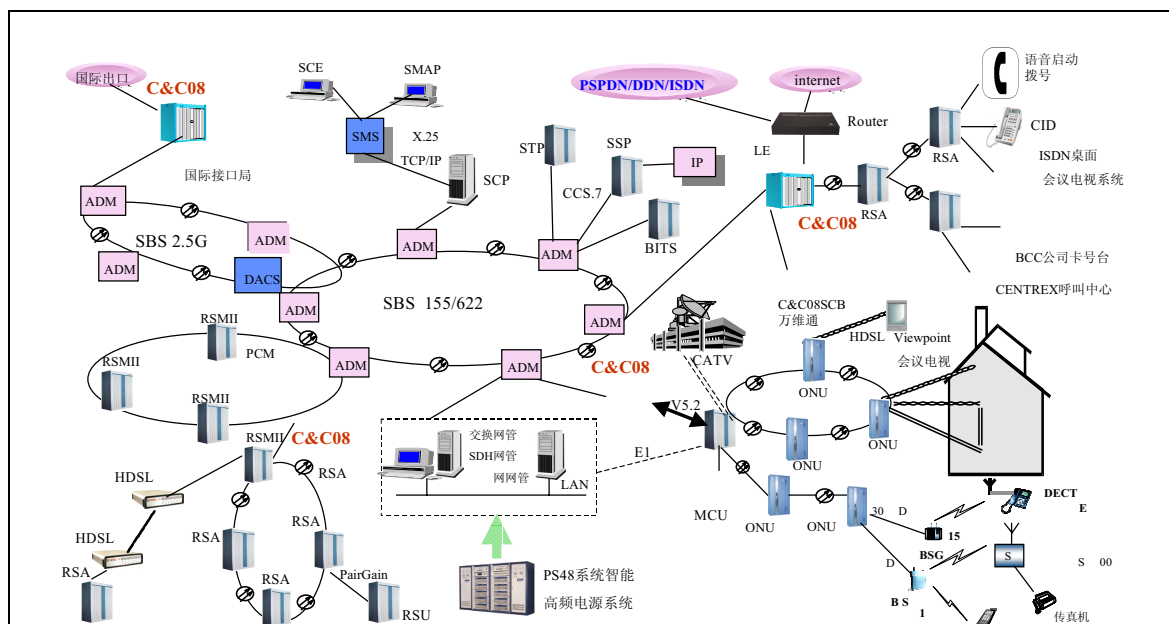


图 6.1 华为通信产品在现代化通信网中的应用

利用 SBS 2.5G/622M 的产品可构成同步数字系列 (SDH) 的长途干线传送网。在 SDH 网中采用 ADM (SDH 的分插设备) 和 C&C08 程控数字交换机既可构成国际长途汇接局 (或国际长途的出口局), 也可构成长途汇接局和长途交换局, 以组成国际和国内的长途干线来支持长途通信业务的需要。

利用 SBS155/622 的产品可构成具有同步数字系列（即 SDH）的本地电话传送网。在这 SDH 网中采用 ADM 可与长途交换局相连，以使本地电话网的业

务可汇接到长途局去，可通过网间接口局（在局内采用 C&C08 设备）与各种专用网相连。

利用 SBS155/622 SDH 网中的 ADM 通过 C&C08 交换机，可接至主叫号码显示电话机（CID）、话音启动拨号装置、BCC 公司电话卡、呼叫中心（Centrex）、INtess 综合智能业务系统 114/112/160……，并可通过路由器产品接至 Internet 网和公用分组交换网（PSPDN）或数字数据网（DDN），也可通过网络终端 NT 接至 ISDN 数字话机、可视电话和 C&C08-SCB 万维通等，以构成商业网。

利用 SBS155/622 SDH 网中的 ADM，通过 C&C08-SSP（业务交换点），用 No.7 与 C&C08 IP（智能外设）和 TELLIN SCP（业务控制点）相连，再由 TELLIN SCP 接至 TELLIN SMS（业务管理系统），由此再接至 TELLIN、SMAP（业务管理接入点）和 TELLIN SCE（业务创造环境），构成智能网、以支持自动交换机记帐呼叫（即 200 号，AAB）、大众呼叫（MAS）、800 号（FPH）、个人通信（UPT）、电子投票（VOT）和虚拟网（VPN）等新业务。

利用 SBS155/622 SDH 网中的 ADM，通过 C&C08，借助于 V5.2 接口可与光纤同轴电缆混合（HFC）接入网中的 C&C08 OLT 相接，以支持具有电视、数据、话音和会议电视等业务的 HFC 混合接入网技术，具有高比特率数字用户环路（HDSL）的铜线接入技术，构成光纤用户环路（FTTC、FTTB 及 FTTH）以支持光纤接入网技术，C&C08 OLT 通过 ONU（光网络单元）与基站控制器（BSC）相连接至无线基站（BTS），实现固定无线接入网技术，C&C08 与 C&C08 移动业务控制中心相连，由此再接至操作维护中心（OMC）、基站控制器（BSC），再由 BSC 接至各基站（BTS），构成无线移动接入网技术。以上各项技术的综合组成接入网。

把 SBS155/622 SDH 网中的 ADM 与 SBS2.5G/622M SDH 网中的 ADM 分别接至 SYNLOCK BITS 设备，以保证整个通信网的时钟同步。

利用 SBS155/622 SDH 网中的 ADM 可与 Netkey® 电信管理网系统和 PSMS 动力环境集中监控相连构成现代电信网的管理系统。

上述所有设备的电源都可用华为公司的智能高频开关电源系统供电。

综上所述，华为公司的产品完全可以组成一个具有各种通信方式、高度智能化、综合业务数字化的现代通信网，也可以与其他公司的产品共同组成现代通信网。

如果您对本书的内容、文字、编排有疑问、建议或批评，请用下列表格反馈给我们。我们将对此十分重视，并对好的意见给予奖励。

### 《通信技术概论》读者反馈表

姓    名：	性别：	职称：
工作单位：		邮政编码：
联系电话：	传真：	E-mail:
 您的意见：                      		
签名：		日期：