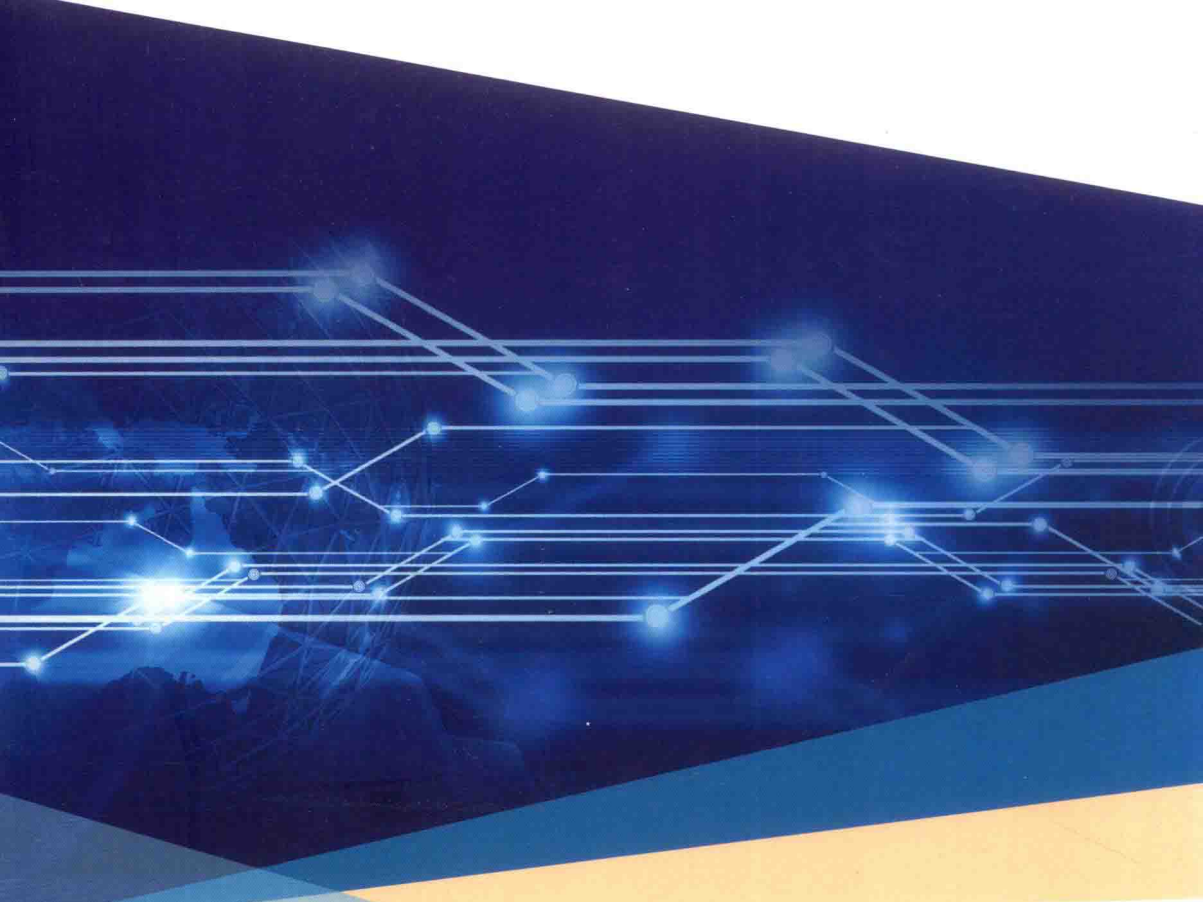




XIANDAI TONGXIN

JISHU LILUN YU SHIJIAN

CHUANGXIN YANJIU

# 现代通信技术理论 与实践创新研究

◎ 陈培英 王行娟 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

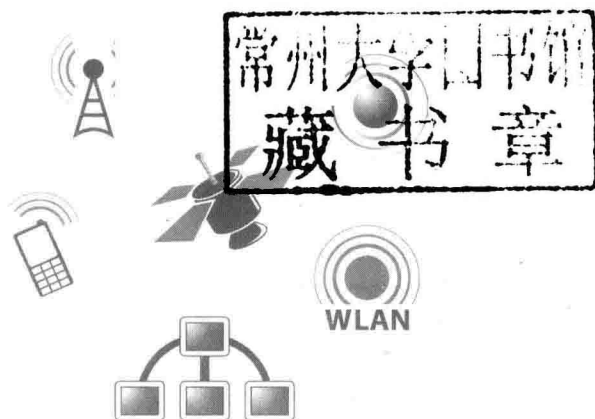
WWW.NNUP.COM

东北师范大学出版社

# 现代通信技术

## 理论与实践创新研究

◎ 陈培英 王行娟 著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

www.nnup.com.cn  
东北师范大学出版社

---

## 图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术理论与实践创新研究 / 陈培英, 王行娟著.  
—长春: 东北师范大学出版社, 2017.5  
ISBN 978-7-5681-3067-7

I. ①现… II. ①陈… ②王… III. ①通信技术—研究  
IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 112747 号

---

□ 策划编辑: 王春彦

□ 责任编辑: 卢永康 柳爱玉 □ 封面设计: 优盛文化

□ 责任校对: 赵忠玲 □ 责任印制: 张允豪

---

东北师范大学出版社出版发行  
长春市净月经济开发区金宝街 118 号 (邮政编码: 130117)

销售热线: 0431-84568036

传真: 0431-84568036

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: [sdebs@mail.jl.cn](mailto:sdebs@mail.jl.cn)

河北优盛文化传播有限公司装帧排版

三河市同力彩印有限公司

2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷

幅画尺寸: 170mm × 240mm 印张: 16 字数: 300 千

---

定价: 53.00 元

# 前言

---

随着社会需求的刺激和电子科技的高速发展，作为信息社会重要的基础设施，现代通信网络及技术发展迅猛，各种新观点、新理论、新技术、新标准层出不穷。令人应接不暇。同时，信息技术已经渗透到社会的每一个角落，深刻改变着人们的生活方式和工作方式。如今，一个缺乏网络或者网络落后的世界是无法想象的。作为一个相关领域的学生或者从业人员，了解、认识和掌握通信网络的相关知识和技术是一个重要的任务和工作。

自 20 世纪末到 21 世纪初，无线技术和移动通信网络得到了迅猛的发展，各种无线与移动通信技术层出不穷。特别是近年来，以蓝牙、无线局域网为代表的短距离无线通信技术结合无线自组网络技术，在军事、工业、科学及医学领域得到了巨大的发展。

通信网络互联的特点，使得人们必须首先从整体上全面认识和把握，但是现代通信与网络技术发展之快，科技含量之高，技术种类之多，使得通信网络的学习很难立即深入到各种专门网络与技术的学习阶段。本书以现今主流技术为主，早期技术为线索，既包括了早期成熟技术，也涉及了未来技术，主要介绍现代通信技术理论及其实践创新研究。

随着短距离无线通信技术的快速发展，各种针对不同应用环境的短距离无线通信技术不断推出，如专门针对低速无线数据业务的 ZigBee 技术等，但是目前缺少一本专门针对各种主流短距离无线通信技术及组网应用的书籍，而本书正好填补了此项空白。

本书第一至第六章由邢台学院陈培英执笔，约 18 万字；第七至第九章由武汉华夏理工学院王行娟执笔，约 12 万字，由于作者水平有限，书中难免存在不足或者欠妥之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

---

## 第一章 现代通信技术概论 / 001

- 第一节 关于通信的基本概念 / 001
- 第二节 现代通信技术的研究背景 / 002
- 第三节 通信系统的基本模型及其分类 / 011
- 第四节 现代通信业务的研究内容及发展趋势 / 013
- 第五节 现代通信技术标准化组织 / 017
- 第六节 现代通信相关专业和行业介绍 / 020

## 第二章 电话网技术的发展及关键技术 / 023

- 第一节 电话网的特点及其发展 / 023
- 第二节 电话网的主要交换方式 / 027
- 第三节 电话网的结构及编号计划 / 031
- 第四节 智能网 / 033

## 第三章 数字移动通信技术的发展历程及关键技术 / 050

- 第一节 数字移动通信技术的发展历程 / 050
- 第二节 数字信号的传输技术 / 052
- 第三节 准同步数字体系 / 054
- 第四节 移动通信中的多址接入技术 / 061
- 第五节 GSM 与 CDMA 移动通信系统 / 071
- 第六节 移动通信新技术 / 076

## 第四章 多媒体通信技术的关键技术分析 / 082

### 第一节 多媒体通信的基本概念 / 082

### 第二节 多媒体通信系统中的关键技术 / 086

### 第三节 音频信息处理技术 / 105

### 第四节 图像信息处理技术 / 121

## 第五章 光纤与卫星通信技术分析 / 132

### 第一节 数据传输介质的分类 / 132

### 第二节 光纤传输技术 / 136

### 第三节 卫星通信技术 / 138

## 第六章 接入网与接入技术 / 141

### 第一节 接入网概述 / 141

### 第二节 铜线接入技术 / 144

### 第三节 光纤接入技术 / 145

### 第四节 无线接入技术 / 157

## 第七章 短距离无线通信技术分析 / 161

### 第一节 蓝牙技术 / 161

### 第二节 红外数据通信技术 / 169

### 第三节 Zigbee 技术 / 172

### 第四节 无线射频识别技术 / 186

## 第八章 现代通信网络安全与管理 / 191

### 第一节 网络安全的概述 / 191

### 第二节 网络安全关键技术 / 198

### 第三节 网络管理基础 / 207

## 第九章 现代通信技术理论与实践创新研究 / 219

### 第一节 现代通信技术理论与实践创新研究现状 / 219

### 第二节 现代通信技术理论与实践创新策略与反思 / 236

## 参考文献 / 248

# 第一章 现代通信技术概论

## 第一节 关于通信的基本概念

### 一、通信的定义

通信,就是由信源与信宿间有效和可靠地传输消息。

根据《现代汉语词典》第5版的定义,通信是:①用书信互通消息,反映情况等;②利用电波、光波等信号传送文字、图像等。根据信号方式的不同,可分为模拟通信和数字通信。旧称通讯。

《牛津辞典》将 Communication 一词定义为:①传递思想、感情、信息的行为过程;②发送信息的方法,如电话、收音机、计算机,或公路、铁路等。

### 二、通信的基本要求

1. 接通的任意性与快速性。
2. 信号传输的透明性与传输质量的一致性。
3. 网路的可靠性与经济合理性。

有了运输网,人员和货物可以流动;有了通信网,信息才可以四通八达。邮寄业务需要好的运输系统,电子邮件业务则需要高效的通信网。

### 三、通信网的定义

通信网(Communication Network)是通信系统的一种形式,它由一定数量的节点(Node)(包括终端设备和交换设备)和连接节点的传输链路(Link)相互有机地组合在一起,以实现两个或多个规定点之间信息传输的通信体系。也就是说,通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体,用以完成规定的功

能。本书中的通信系统特指使用光信号或电信号传递信息的通信系统。

#### 四、通信网的要素

从硬件结构看,通信网由终端节点、交换节点、业务节点、传输系统构成。其功能是完成接入交换网控制、管理、运营和维护。从软件结构看,它们有信令、协议、控制、管理、计费等。其功能是完成通信协议以及网络管理来实现相互间的协调通信。

#### 五、通信网的机制

通过保持帧同步和位同步,遵守相同的传输体制实现。

#### 六、现代通信网的主要特点

现代通信网的特点有:使用方便、安全可靠、灵活多样、覆盖范围广。

## 第二节 现代通信技术的研究背景

### 一、信源编码

信源编码是一个做“减法”的过程。它以信源输出符号序列的统计特性来寻找某种方法,把信源输出符号序列变换为最短的码字序列,使后者的各码元所载荷的平均信息量最大,即优化和压缩了信息。同时又能保证无失真地恢复原来的符号序列,并且打成符合标准的数据压缩编码。信源编码减小了数字信号的冗余度,提高了有效性、经济性,最原始的信源编码就是莫尔斯电码,另外还有 ASCII 码和电报码。现在常用的数字电视通用编码 MPEG-2 和 H.264( MPEG-Part10AVC ) 编码方式都是信源编码。

按编码效果,信源编码可分为:有损编码和无损编码。无损编码常见的有 Huffman 码、算术编码、L-Z 编码。

按编码方式,信源编码又可分为:波形编码和参量编码。

1. 波形编码:将时间域信号直接变换为数字代码,力图使重建语音波形保持原语音信号的波形形状。

其基本原理是抽样、量化、编码。

优点：适应能力强、质量好等。

缺点：压缩比低、码率通常在 20 Kbit/s 以上。

适用场合：适合对信号带宽要求不太严格的通信，如高品质音乐和语音通信；不适合频率资源相对紧张的移动通信等场合。

包括：脉冲编码调制和增量调制，以及它们的各种改进型自适应增量调制 (ADM)，自适应差分编码 (ADPCM) 等。它们分别在 64 Kbit/s 以及 16 Kbit/s 的速率上，能给出高的编码质量，当速率进一步下降时，其性能会下降较快。

2. 参量编码：又称为声源编码，它将信源信号在频率域或其他正交变换域提取特征参量，并将其变换成数字代码进行传输。

优点：可实现低速率语音编码，比特率可压缩到 2 Kbit/s ~ 4.8 Kbit/s，甚至更低。

缺点：在解码时，需重建信号，重建的波形只能保持原语音的语意，而同原语音信号的波形可能会有相当大的差别。语音质量只能达到中等，特别是自然度较低，连熟人都一定不能听出讲话人是谁。

## 二、信道编码

信道编码是一个做“加法”的过程。为了使信号与信道的统计特性相匹配，提高抗干扰和纠错能力，并区分通路，在信源编码的基础上，信道编码按一定规律，增加冗余开销，如校验码、监督码，以实现检错、纠错，提高信道的准确率和可靠性。

1. 信道编码定理：在香农以前，工程师们认为要减少误码，要么增加发射功率，要么反复发送同一段消息——就好像在人声嘈杂的酒馆里人们需要大声地反复呼叫要啤酒一样。1948 年，香农的标志性论文证明，在使用正确的纠错码的条件下，数据可以以接近信道容量的速率几乎无误码地传输，而所需的功率却十分低。也就是说，如果你有正确的编码方案，就没有必要浪费那么多能量和时间。这从理论上解决了理想编 / 译码器的存在性问题，也就是解决了信道能传送的最大信息率的可能性和超过这个最大值时的传输问题。此后，编码理论就发展起来了，成为“信息论”的重要内容。编码定理的证明，从离散信道发展到连续信道，从无记忆信道到有记忆信道，从单用户信道到多用户信道，从证明差错概率可接近于零到以指数规律逼近于零，正在不断完善。

2. 编码效率：有用比特数 / 总比特数。在带宽固定的信道中，总传送码率是固定的，增加冗余就要降低有用信息的码率，也就是降低了编码效率。这是信道编码的缺点或者说代价。不同的编码方式，其编码效率有所不同。打个比喻：在

运送玻璃杯时,为防止打碎,人们常用泡沫、海绵等东西将玻璃杯包装起来,这种包装使玻璃杯所占的容积变大,原来一部车能装 5 000 个玻璃杯的,包装后就只能装 4 000 个了。

3. 编码方法:在离散信道中,一般用代数码形式,其类型有较大发展,各种界限也不断有人提出,但尚未达到编码定理所启示的限度,尤其是关于多用户信道,更显得不足。在连续信道中,常采用正交函数系来代表消息,在极限概况下可达到编码定理的限度。

注:但不是所有信道的编码定理都被证明。只有无记忆单用户信道和多用户信道中的特殊情况的编码定理已有严格的证明;其他信道也有一些结果,但尚不完善。

常见的信道编码有:奇偶校验码,循环码,线性分组码,BCH 码。这里简单介绍以下几种常见码型:

1. RS 编码:能纠正多个字节的错误。

2. 卷积码:善于纠正随机错误。

3. 交织:实际中,比特差错经常成串发生,交织技术分散了这些误差,使长串的比特差错变成短串差错,从而可以用前向码对其纠错,例如,在 DVB-C 系统中,RS (204.188) 的纠错能力是 8 个字节,交织深度为 12,那么纠可抗长度为  $8 \times 12 = 96$  个字节的突发错误。

4. Turbo 码:香农编码定理指出:如果采用足够长的随机编码,就能逼近香农信道容量。但是传统的编码都有规则的代数结构,远远谈不上“随机”;同时,出于译码复杂度的考虑,码长也不可能太长,所以,在 Turbo 码以前,即使最好的编码方案,也需要香农定理要求的功率的 2 倍才能达到必要的可靠性。理论数值和实际要求数值之间的能量差距,用对数坐标表示大约为 3.5 分贝。要想缩小这一差距,工程师需要更精细的编码,这成为困扰通信界近 40 年的难题。所以长期以来,信道容量仅作为一个理论极限存在,实际的编码方案设计和评估都没有以香农限为依据。

而 Turbo 码的出现,大大提高了编码效率,被一些特殊场合,主要是卫星链路选用。现在, Turbo 码已走上主流舞台,与下一代移动电话结合,使手机能够进行多媒体数据,如视频信号及图形图像信号的通信。在直扩(CDMA)系统中的应用,也就受到了各国学者的重视。同时,为了克服其译码器复杂度高的缺点,又出现了 LDPC 等更先进的编码方式。

### 三、差错控制技术

信息传输中的差错有多种表现形式：失真（Distortion）、丢失（Deletion）、重复（Duplication）、失序（Reordering）。差错程度的评估是用误码率来衡量的。

差错控制技术（见图 1-1）就是为了发现并纠正传输中出现的错误而采取的措施。除了在信道编码一节已经介绍的方案以外，还有一些属于数据链路层的基本方法。

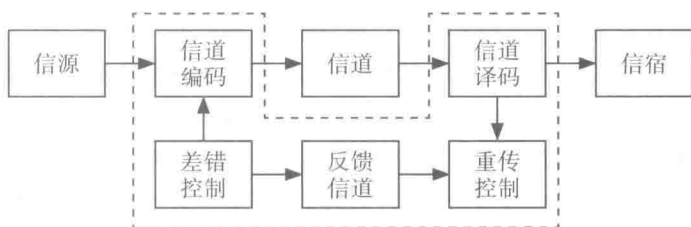


图 1-1 差错控制技术框图

#### 1. 停止等待协议（stop-and-wait）

即每发送一帧，都要停下来等待反馈信息，帧在链路上的传输情况如图 1-2 所示。发送速度完全受控于接收端的响应帧。应答帧有两种：ACK：确认帧；NAK：否认帧。

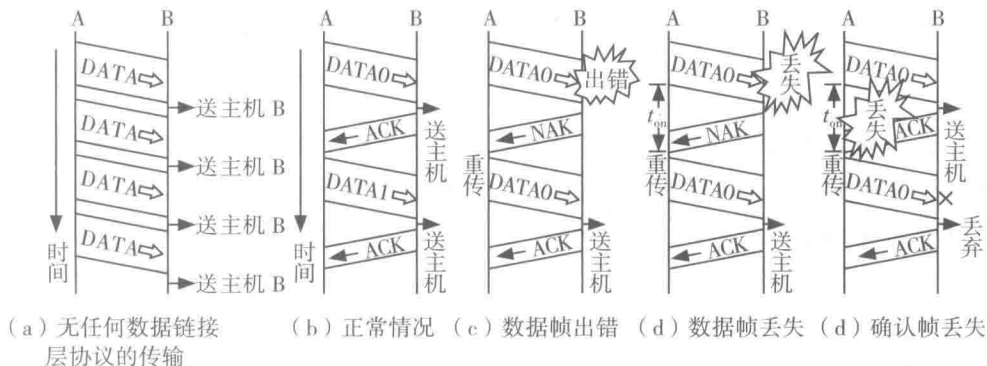


图 1-2 帧传输链路

停等协议常常遇到的两个问题及解决方法如下：

(1) 死锁：若发送端迟迟等不到反馈，就会出现死锁。这时，需要设置超时定时器 (timeout timer)，超时后自动重发。

(2) 重复帧：应答为 ACK，但该 ACK 在反馈时候丢失了，启动超时重发后，就会出现重复帧。可以通过给帧设定发送序号的方法来解决这个问题。对于停等协议来说，只需要 2 个编号，也就是 1 bit，其取值为 0, 1 交替出现即可。

优点：比较简单，因而被广泛地应用在分组交换网络中。

缺点：在等待状态下，信道利用率不高。并且，反馈信息增加了网络负担，也影响了传输速度。

## 2. 自动请求重发协议 (Automatic Repeatre Quest, ARQ)

发送端连续发送若干带有序号的数据帧，无须等待响应帧。接收端按序接收数据帧。根据重发策略的不同，分为连续 ARQ 和选择 ARQ。

连续 ARQ：采取后退  $n$  帧的重发 (go-back- $n$ ) 方式。在第  $n$  帧出错时，接收端发“否认帧”，同时丢弃该帧及以后各帧。发送端重发第  $n$  帧及以后各帧。

选择 ARQ：只选择重传出错的帧，后面正确接收的帧，就先存在收方缓冲区中，等所缺序号的帧收到后，再一并交给主机。这样减少了重传，减少了网络负担，但与此同时要求收方加大缓冲区。因而在早期存储器价格昂贵时，应用不多。但如今的存储器沿着摩尔定理，变得越来越便宜，因而选择 ARQ 也就越来越受到重视。

混合 ARQ：即使出错也不丢弃，仅重传出错帧中出错的部分，然后与先前收到的信息进行合并，以恢复报文信息。

在 WCDMA 和 CDMA2000 无线通信中，采用的就是选择性重传 ARQ 和混合 ARQ。

## 3. 滑动窗口协议 (slide-window)

收发双方各拟定一个允许一次性连续发送的多少个帧的最大限度，称为窗口大小。窗口大小多为可变的，发送窗口和接收窗口的长度也可以不相等。滑动窗口协议是在连续收到几个正确的帧后，才对最后一帧发送确认信息的。收到确认后，窗口就向前滑动相应格数。其具体原理如图 1-3 所示，滑动窗口同时也是一种流 E 控制技术。通过调整发送端窗口大小，来改善吞吐量。例如，TCP 协议就是采用的动态滑动窗口。

滑动窗口同时也是一种流量控制技术。通过调整发送端窗口大小，来改善吞吐量。例如，TCP 协议就是采用的动态滑动窗口。



图 1-3 滑动窗口协议

#### 4. 前向纠错 (Forward Error Correction, FEC)

又称自动纠错, 不需储存, 不需反馈, 实时性好, 在广播系统、卫星接收等系统中广泛采用, 如图 1-4 所示。

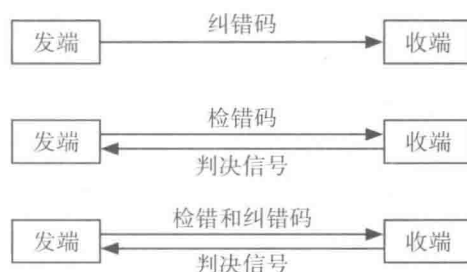


图 1-4 前向纠错过程

### 5. 混合纠错 (HEC)

是 FEC 和 ARQ 两种方式的结合。错误较少时, 自动纠错, 错误超过纠错能力时, 要求重发。

## 四、多路复用和多址技术

信道资源有限, 因而一个信道往往需要同时传输多路信号, 这种多用户如何共用一套资源的方法就是多路复用 (Multiplexing) 和多址技术 (exactly)。

从原理本质上来说, 多址是在多路复用的基础上实现的, 原理是一样的, 但对象不同——复用针对资源。多址针对用户。

多路复用技术是在点对点通信中, 研究怎样将单一媒介 (medium), 划分成很多个互不干扰的独立的子信道 (subchannel)。从媒介的整体容量上看, 每个子信道只占用该媒介容量的一部分。这种分配是永久的, 静态的。例如, 无线或者电视广播站、微波通信、电话数字中继中的 PCM。

多址技术则是点对多点的, 信道资源是动态分配 (dynamic assignment), 用户仅仅暂时性地占用信道, 如手机和基站间的通信。

就复用方式而言, 有以下 6 大方式。

1. 频分复用和频分多址 [见图 1-5(a)]: FDM 和 (Frequency Division Multiplex Access, FDMA)

优点: 容易实现, 技术成熟。适合模拟信号。

缺点:

(1) 保护频带占用带宽、降低效率;

(2) 信道的非线性失真改变了它的实际频率特性, 易造成串音和互调干扰 (交调干扰);

(3) 所需设备随输入路数增加而增多, 不易小型化;

(4) 不提供差错控制技术, 不便于性能监测。

适用范围: FDMA 技术是使用最早的一种多址技术, 技术较为成熟, 应用也很广泛, 目前仍在有线电视、无线电广播、卫星通信、一点多址微波通信系统中应用。在移动通信中, FDMA 模拟传输是效率最低的网络, 这主要体现在模拟信道每次只能供一个用户使用, 使得带宽得不到充分利用。此外, FDMA 信道大于通常需要的特定数字压缩信道, 而且对于通信静默过程 FDMA 信道也是浪费的。但第一代模拟蜂窝移动通信系统中, 采用频分多址技术方式是唯一的选择。到了

数字蜂窝移动通信系统阶段，就很少采用纯频分的方式了。

2. 时分复用和时分多址 [见图 1-5 (b)]：TDM 和 (Time Division Multiple Access, TDMA)

优点：无保护频带，效率高，占用频带窄，传输质量高，保密较好，系统容量较大。

缺点：同步要求严格，必须有精确的定时和同步，技术上比较复杂。

适用范围：适合数字信号。如多数计算机网、固定电话网的脉冲编码调制复用 (PCM) 技术、同步数字体系 (SDH) 技术、时分多址的 GSM 制式数字移动通信技术等。

在 TDM 之后，又出现了“统计时分复用 STDM : Statistical TDM”。

在 STDM 中，各帧的长度不确定，每个时隙都需自带地址信息。

3. 码分复用和码分多址 [见

图 1-5 (c)]：CDM 和 (Code-Division Multiple Access, CDMA)

分别给各用户分配一个特殊的编码，用户可同时占用全部频带，也没有时间的限制（可以互相重叠），靠信号的不同波形来区分各个用户。在接收端，只能用相匹配的接收机才能检出相符合的信号。接收机用相关器可以在多个 CDMA 信号中选出其中使用预定码型的信号，其他使用不同码型的信号因为和接收机本地产生的码型不同而不能被解调。它们的存在类似于在信道中引入了噪声和干扰，通常称之为多址干扰。

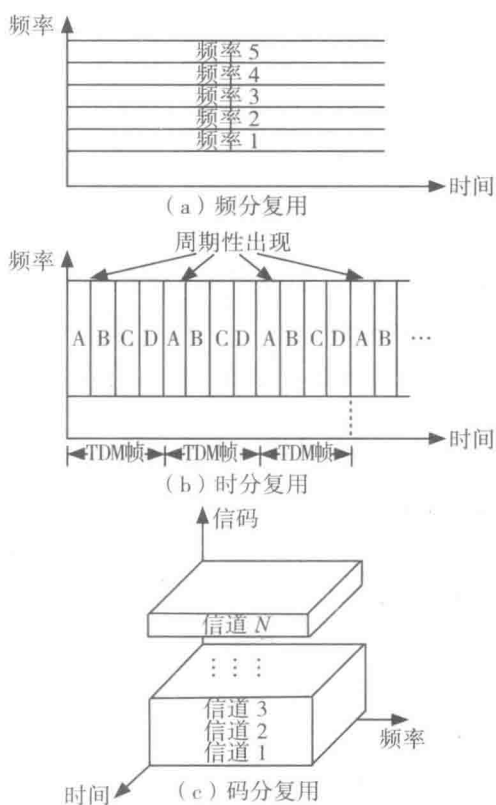


图 1-5 多址技术

CDMA 技术是无线通信中主要的多址手段,应用范围涉及数字蜂窝移动通信、卫星通信、微波通信、微蜂窝系统、一点多址微波通信和无线接入网等领域。CDMA 最早由美国高通公司推出,近几年由于技术和市场等多种因素作用得以迅速发展,它能够满足市场对移动通信容量和品质的高要求,具有频谱利用率高、话音质量好、保密性强、掉话率低、电磁辐射小、容量大、覆盖广等特点,可以大量减少投资和降低运营成本。

#### 4. 波分复用 (Wave Division Multiplex, WDM)

由于波长  $\times$  频率 = 速度,而电磁波的速度是一定的,即  $3 \times 10^8$  m/s,因此波分复用和频分复用的原理实质是一样的,只不过叫法不同,无线通信里多用频率来描述,对应频分复用;而光通信中多用波长来描述,对应的就是波分复用。

#### 5. 空分复用 (Space Division Multiplexing, SDM)

这是最原始、最简单、最无处不在的一种复用方式,但是浪费太大。例如,双向通信的每一个方向各使用一根光纤。两个方向的信号在两根完全独立的光纤中传输,互不影响,再如智能天线技术。

配合电磁波被传播的特征,可使不同地域的用户在同一时间使用相同频率,实现互不干扰的通信。例如,可以利用定向天线或窄波束天线,使电磁波按一定指向辐射,局限在波束范围内;不同波束范围可以使用相同频率,也可以控制发射的功率,使电磁波只能作用在有限的距离内。在电磁波作用范围以外的地域仍可使用相同的频率,以空间来区分不同用户。

充分运用 SDMA 技术,能用有限的频谱构成大容量的通信系统。该频率再用技术主要应用在蜂窝移动通信系统、卫星系统中,但是在应用中,它总是与其他多址技术结合使用。

#### 6. 极化复用 (Polar Multiplex, PM)

利用电磁波的极化特性进行复用。电磁波的极性,取决于瞬时电场矢量端点所描绘的轨迹,有 3 种类型:①线极化是由水平极化和垂直极化构成;②圆极化是由左旋极化和右旋极化构成;③另外还有椭圆极化。在同一个频带利用一对正交的极化波可以传送 2 个载波信号,多用于卫星通信系统中。

多址方式是在多路复用的基础上实现的,因此也有 TDMA、FDMA、CDMA 等方式。在不同多址方式中,其信道的内涵不同。

(1) 在 TDMA 中,指各站占用的时隙。

(2) 在 FDMA 中,指各站占用的转发器频段。

(3) 在 CDMA 中,指各站使用的正交码组。

例如在卫星通信中,我们经常会看到以下两种写法。

FDM-FM-FDMA:即基带模拟信号以频分复用方式复用在一起,然后以调频方式调制到一个载波频率上,最后再以频分多址方式发射和接收。

PCM-TDM-PSK-FDMA:这是把话音进行PCM编码(64 Kbps),然后用时分复用方式进行多路复用,变为PDH(或SDH)系列的数字信号,再以相移键控PSK方式调制到一个载波上,最后进行频分多址方式发射和接收。

### 第三节 通信系统的基本模型及其分类

在对通信网络有了概念性的了解之后,接下来可以进一步对通信网络进行功能上的划分,了解通信网络组成部分之间的逻辑关系,有助于我们明确已学习的和将要学习的各种通信技术在整个通信过程中所处的位置。

#### 一、通信系统的基本模型

##### (一) 三大基本要素

对通信系统的分析,首先可以从软件、硬件两大方向来入手。

通信系统的软件:是为了使全网协调合理地工作,包括各种规定,如信令方案、各种协议、网路结构、路由方案、编号方案、资费制度与质量标准等。

通信系统的硬件设备:其构成有以下“三大基本要素”。

1. 终端设备:用户与通信网之间的接口设备。
2. 传输链路:信息的传输通道,是连接网路节点的媒介。
3. 交换设备:构成通信网的核心要素,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配。

##### (二) 通信系统的简单模型

可以用一个统一的模型来概括通信系统(见图1-6),大体分为5个部分:信源、变换器/发送器、信道、反变换/接收器、信宿。

信源:产生各种信息的信息源,它可以是人或机器(如计算机等)。

变换器/发送器:负责将信源发出的信息转换成适合在传输系统中传输的信号,对应不同的信源和传输系统,发送器会有不同的组成和信号变换功能,一般包含编码、调制、放大和加密等功能。

信道:信号的传输媒介,负责在发送器和接收器之间传输信号。通常按传输