

# 实用网络工程

刘义常 编著  
郝文化 审校



WWW.WWW

WWW.WWW



清华大学出版社

# 实用网络工程

刘义常 编著  
郝文化 审校

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

目前市场上有关网络工程的书籍不少,但多为介绍网络基础知识和工作原理的图书,而对于计算机网络的组网实战却很少涉及,本书正是为了对网络的理论进行透彻分析,解决网络组建中的实际问题,满足高等院校本科教学实际需求而编写的。本书主要包含以下内容:网络和通信的基础知识,网络体系结构和工作原理,网络的各种介质和硬件结构,网络互联技术、局域网接入 Internet、各种局域网的组建、使用和维护,Windows 2000 对等网、Windows 2000 Server 局域网的组建,Windows Server 2003 操作系统的新特性以及现有网络如何向 Windows Server 2003 过渡,Windows XP 网络,中、大型网络的设计、理论基础和组建,以及网络安全的相关知识与理论基础。

本书语言通俗易懂,内容丰富详实,突出了以实用为中心的特点。使用本书进行学习,可帮助读者用最少的时,掌握众多知识及工作经验与技巧,是本科生学习网络知识的理想教材;若省略有关章节内容,也适合作为专科生的应用教材。本书既是具备一定网络基础知识读者实用的参考资料,而对于广大有志于开发和组建小型、中型和大型网络应用系统的开发人员,也是一本不可多得的参考用书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

实用网络工程/刘义常编著. —北京:清华大学出版社,2005.1

ISBN 7-302-09915-4

I. 实… II. 刘… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 119643 号

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

http://www.tup.com.cn 邮 编:100084

社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:宋 韬

封面设计:付剑飞

印装者:北京市清华园胶印厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:18.25 字 数:419 千字

版 次:2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-09915-4/TP·6818

印 数:1~4000

定 价:27.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

## 前 言

目前市场上虽然已有不少关于网络工程知识和 Internet 知识的普及类图书,但此类书籍要么主要介绍网络的基础知识和工作原理,要么侧重于分析网络协议工作原理,大多只适合作为读者自学和各类网络培训班使用。随着网络技术的飞速发展和推广,越来越需要既对网络的知识理论进行透彻分析,又能解决在网络组建中所面临难题的且适合高等院校本科生使用的网络工程教材。

本书在深入介绍网络基本知识和网络工作原理的基础上,从实际应用出发,以实际网络工程为导向,详细介绍了网络工程中局域网、对等网络、大型局域网的组建技术,并且精辟分析了这些组建技术中的设计思想、应用原理以及在实际应用过程中的解决方案。

本书共分 6 章,具体内容安排如下:

**第 1 章 网络工程基础知识**,重点介绍了通信和计算机网络的基础知识,网络通信的各种协议(尤其详细介绍了 OSI/RM 协议工作原理),Internet 网络概念和工作原理,网络体系结构及网络分类和功能。

**第 2 章 网络工程技术**,重点介绍了以太双绞线和光纤结构及应用,X.25 网络和 FDDI 网络(如介绍 ISDN、ADSL 上网技术),DDN、ATM 和电子商务概念及应用。

**第 3 章 网络互联设备和工作原理**,重点介绍了各种互联网络设备,如中继器、网桥、网间连接器、协议转换器、调制解调器、交换机和路由器的结构和工作原理及应用。

**第 4 章 组建对等网和局域网**,在本章中以组建 Windows 2000 对等网和组建 Windows 2000 Server 局域网为实例,详细介绍了多个操作系统下的局域网的组建思路、方法和步骤,同时说明了在应用中如何解决面临的各种问题,还介绍了 Windows Server 2003 和 Windows XP 的网络性能。

**第 5 章 中大型网络组建**,在本章中以组建中大型网络为例,介绍了在组建中大型网络中如何进行可行性论证,如何进行总体设计等一系列网络工程中实际问题的解决方法和思路,并且说明了 Intranet 的概念和建立方法。

**第 6 章 网络安全技术**,在本章中重点介绍了在网络中如何实现通信信息的加密与解密,如何实现网络上的数字签名,网络安全漏洞与防火墙的工作原理与配置,如何实现网络管理保证网络的正常工作。

本书在网络知识的介绍上思路清晰,理论深入、简明,体系清楚。它从网络工程的实际应用出发,以网络工程实例为导向,详细介绍了在网络工程中局域网、对等网络组建技术、中大型局域网络组建技术,并且精辟分析了这些组建技术中的设计思想、理论基础和各种组建常见问题的处理方法。本书是一本注重理论与实践紧密结合,适合高等院校本科教育的网络工程教材。

本书语言通俗易懂,内容丰富,突出了以实用为中心的特点,既可作高等院校相关专业本科生教材,也可作为广大有志于开发和组建小型、中型和大型网络应用系统的开发人员的自学用书。

本书由博嘉科技资讯有限公司组织,刘义常老师担任全部编写工作。另外,参加本书

编排的还有:邹素琼、郝文化、王安贵、陈郭宜、程小英、谭小丽、卢丽娟、刘育志、吴淬砺、赵明星、贺洪俊、李小平、史利、张燕秋、周林英、黄茂英、李力、李小琼、李修华、田茂敏、苏萍、巫文斌、邹勤、栗德容、童芳、李中全、蒋敏、刘华菊、袁媛、李建康、袁涛、杨春华、贾小蓉、张永龙等,在此一并表示感谢!

如果读者在学习过程中发现问题,或有更好的建议,欢迎来函。我们的网址为:www.bojia.net, E-mail 为:bojia@bojia.net。我们将认真、负责地对待每一位读者的来函。

编者

2004年9月

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>第 1 章 网络工程基础知识</b> .....    | 1  |
| 1.1 网络通信基础知识 .....             | 1  |
| 1.1.1 数据通信技术知识 .....           | 1  |
| 1.1.2 数据编码技术 .....             | 2  |
| 1.1.3 多路复用 .....               | 4  |
| 1.1.4 传输速率 .....               | 5  |
| 1.1.5 传输模式 .....               | 5  |
| 1.1.6 传输方向 .....               | 6  |
| 1.1.7 交换技术 .....               | 6  |
| 1.1.8 通信介质访问控制技术 .....         | 7  |
| 1.1.9 差错控制技术和方法 .....          | 12 |
| 1.2 网络概念 .....                 | 19 |
| 1.2.1 微机和计算机的概念 .....          | 19 |
| 1.2.2 专用介质的概念 .....            | 20 |
| 1.2.3 网络操作系统和网络软件的概念 .....     | 21 |
| 1.2.4 网络是计算机技术和通信技术结合的产物 ..... | 21 |
| 1.3 网络协议 .....                 | 22 |
| 1.4 OSI/RM 网络协议及其工作原理 .....    | 24 |
| 1.4.1 网络协议的基本功能 .....          | 24 |
| 1.4.2 OSI/RM 模型 .....          | 26 |
| 1.4.3 OSI/RM 模型结构中每一层的功能 ..... | 27 |
| 1.5 Internet 网络的概念和工作原理 .....  | 33 |
| 1.5.1 Internet 网络的概念 .....     | 33 |
| 1.5.2 Internet 网络工作原理 .....    | 34 |
| 1.5.3 ISP 应提供的服务 .....         | 35 |
| 1.5.4 路由器的工作原理 .....           | 36 |
| 1.6 网络体系结构及网络分类和功能 .....       | 37 |
| 1.6.1 网络体系结构 .....             | 37 |
| 1.6.2 最新三层交换体系结构 .....         | 38 |
| 1.6.3 网络的分类 .....              | 42 |
| 1.6.4 网络的主要功能 .....            | 46 |
| 1.7 本章小结 .....                 | 46 |
| 1.8 本章习题 .....                 | 47 |
| <b>第 2 章 网络工程技术</b> .....      | 48 |
| 2.1 以太双绞线及其连接的网络 .....         | 48 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 2.2 光缆及其在网络中的应用                       | 52 |
| 2.2.1 光缆                              | 52 |
| 2.2.2 光缆在网络中的应用                       | 55 |
| 2.3 X.25 网络与 FDDI                     | 56 |
| 2.3.1 X.25 网络                         | 56 |
| 2.3.2 FDDI                            | 57 |
| 2.4 ISDN                              | 62 |
| 2.4.1 ISDN 的真正含义                      | 63 |
| 2.4.2 ISDN 系统结构                       | 63 |
| 2.4.3 ISDN 协议参考模型                     | 65 |
| 2.4.4 ISDN 交换系统                       | 65 |
| 2.5 ADSL 及其系列产品                       | 66 |
| 2.5.1 DSL 和 ADSL 的概念                  | 66 |
| 2.5.2 ADSL 的工作原理                      | 67 |
| 2.5.3 ADSL 的特点                        | 67 |
| 2.5.4 安装示例                            | 68 |
| 2.6 DDN                               | 68 |
| 2.6.1 DDN 概念和接入                       | 68 |
| 2.6.2 DDN 提供的业务                       | 69 |
| 2.6.3 DDN 的接入服务                       | 69 |
| 2.6.4 专用线路用户入网速率                      | 70 |
| 2.6.5 操作步骤                            | 71 |
| 2.7 ATM 及其应用                          | 72 |
| 2.7.1 异步转移模式 ATM                      | 72 |
| 2.7.2 ATM 交换和控制                       | 73 |
| 2.7.3 ATM 协议参考模型                      | 75 |
| 2.8 无线网络和移动通信网络                       | 76 |
| 2.8.1 无线网络的现状和发展前景                    | 76 |
| 2.8.2 移动通信                            | 77 |
| 2.8.3 无线网络的概念                         | 77 |
| 2.8.4 无线网络规范 IEEE 802.11              | 78 |
| 2.8.5 无线网络通信传输媒介                      | 81 |
| 2.8.6 微波扩频无线网的特点                      | 82 |
| 2.8.7 微波扩频通信技术                        | 82 |
| 2.8.8 无线局域网解决方案                       | 84 |
| 2.8.9 国内主要无线局域网产品                     | 85 |
| 2.8.10 无线移动通信网                        | 86 |
| 2.8.11 IEEE 802.16 和 IEEE 802.20 系列协议 | 86 |
| 2.9 MPLS 及其应用                         | 93 |

---

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 2.9.1 MPLS 的概念                  | 93         |
| 2.9.2 MPLS 工作原理                 | 93         |
| 2.9.3 MPLS 应用领域和 VPN            | 94         |
| 2.10 电子商务                       | 97         |
| 2.10.1 电子商务的技术基础                | 97         |
| 2.10.2 电子商务的简单分类                | 98         |
| 2.11 本章小结                       | 98         |
| 2.12 本章习题                       | 99         |
| <b>第3章 网络互联设备及其工作原理</b>         | <b>100</b> |
| 3.1 网络互联概念                      | 100        |
| 3.1.1 网络互联的要求                   | 101        |
| 3.1.2 结构方案                      | 101        |
| 3.1.3 IP over SDH 和 IP over WDM | 103        |
| 3.2 中继器及其工作原理                   | 108        |
| 3.2.1 中继器的工作原理及冲突域              | 108        |
| 3.2.2 中继器的特性                    | 110        |
| 3.2.3 特殊的中继器——集线器               | 110        |
| 3.3 网桥及其工作原理                    | 111        |
| 3.3.1 网桥的工作原理                   | 112        |
| 3.3.2 路径选择算法                    | 113        |
| 3.3.3 X.25 协议与 X.75 协议的关系       | 115        |
| 3.4 网间连接器及其工作原理                 | 115        |
| 3.4.1 典型网间连接器——路由器              | 115        |
| 3.4.2 路由器的标准                    | 116        |
| 3.4.3 路由器和网桥的区别                 | 116        |
| 3.4.4 路由器的功能                    | 117        |
| 3.4.5 路由协议                      | 118        |
| 3.4.6 路由器的配置与检测                 | 118        |
| 3.4.7 路由器分类                     | 119        |
| 3.4.8 路由器的主要功能                  | 119        |
| 3.4.9 路径表                       | 119        |
| 3.4.10 路由器的体系结构                 | 120        |
| 3.4.11 路由器的构成                   | 120        |
| 3.4.12 路由器的基本协议                 | 121        |
| 3.5 协议转换器及其工作原理                 | 121        |
| 3.5.1 网关的种类                     | 122        |
| 3.5.2 网关的工作原理                   | 122        |
| 3.5.3 协议转换器——IP                 | 124        |
| 3.6 调制解调器                       | 129        |



|  |            |
|--|------------|
| 3.6.1 内置 PCI 插槽调制解调器的安装 .....              | 129        |
| 3.6.2 USB 接口和 PCMCIA 卡调制解调器的安装 .....       | 130        |
| 3.7 交换机及其工作原理 .....                        | 130        |
| 3.7.1 交换机的概念 .....                         | 130        |
| 3.7.2 交换机的技术基础 .....                       | 131        |
| 3.7.3 二层和三层交换机的工作原理 .....                  | 134        |
| 3.7.4 交换机包括的产品 .....                       | 137        |
| 3.8 本章小结 .....                             | 138        |
| 3.9 本章习题 .....                             | 139        |
| <b>第 4 章 组建对等网和局域网</b> .....               | <b>140</b> |
| 4.1 Windows 2000 对等网的组建 .....              | 140        |
| 4.1.1 Windows 2000 对等网的硬件和安装 .....         | 140        |
| 4.1.2 Windows 2000 局域网软件的配置 .....          | 141        |
| 4.2 对等网工作原理 .....                          | 149        |
| 4.3 对等网的操作 .....                           | 152        |
| 4.3.1 网络功能的启动 .....                        | 152        |
| 4.3.2 Windows 2000 网络中的资源共享 .....          | 152        |
| 4.3.3 Windows 2000 网络共享资源的访问 .....         | 154        |
| 4.4 组建 Windows 2000 带服务器的网 .....           | 155        |
| 4.4.1 Windows 2000 的三个服务器软件和相互区别 .....     | 155        |
| 4.4.2 Windows 2000 Server 的新功能概览 .....     | 156        |
| 4.4.3 Windows 2000 Server 软件的安装准备 .....    | 160        |
| 4.4.4 Windows 2000 Server 的安装 .....        | 161        |
| 4.4.5 Windows 2000 Server 活动目录管理 .....     | 168        |
| 4.5 Windows Server 2003 局域网 .....          | 171        |
| 4.5.1 Windows Server 2003 软件介绍 .....       | 171        |
| 4.5.2 Windows Server 2003 新增功能 .....       | 172        |
| 4.5.3 Windows Server 2003 的优点 .....        | 173        |
| 4.5.4 将现有局域网向 Windows Server 2003 升级 ..... | 175        |
| 4.6 Windows XP 网络功能 .....                  | 177        |
| 4.6.1 Windows XP 的远程协助 .....               | 177        |
| 4.6.2 Windows XP 的远程桌面 .....               | 181        |
| 4.6.3 Windows XP 和无线局域网 .....              | 184        |
| 4.6.4 无线局域网开发中需要解决的难题 .....                | 186        |
| 4.6.5 无线局域网具有的优点 .....                     | 188        |
| 4.7 本章小结 .....                             | 189        |
| 4.8 本章习题 .....                             | 189        |
| <b>第 5 章 中大型网络的组建</b> .....                | <b>191</b> |
| 5.1 中大型网络组建的系统集成及规划和设计 .....               | 191        |

---

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 5.1.1 中大型网络系统集成 .....          | 191        |
| 5.1.2 网络规划与设计 .....            | 194        |
| 5.1.3 网络系统总体设计 .....           | 223        |
| 5.1.4 系统组网时应考虑的技术问题 .....      | 243        |
| 5.2 本章小结 .....                 | 254        |
| 5.3 本章习题 .....                 | 255        |
| <b>第6章 网络安全技术</b> .....        | <b>256</b> |
| 6.1 计算机网络的安全 .....             | 256        |
| 6.1.1 数据加密 .....               | 256        |
| 6.1.2 数字签名 .....               | 258        |
| 6.1.3 密钥分配协议 .....             | 259        |
| 6.1.4 OSI 环境下的安全措施 .....       | 261        |
| 6.2 网络安全漏洞 .....               | 262        |
| 6.2.1 网络操作系统的安全漏洞 .....        | 262        |
| 6.2.2 网络协议软件的安全漏洞 .....        | 263        |
| 6.2.3 Internet 安全漏洞 .....      | 263        |
| 6.3 防火墙 .....                  | 268        |
| 6.3.1 防火墙的概念和种类 .....          | 268        |
| 6.3.2 选择防火墙应遵循的原则 .....        | 270        |
| 6.3.3 防火墙的配置 .....             | 272        |
| 6.3.4 基于 Cisco 路由器防火墙的设置 ..... | 274        |
| 6.4 网络管理 .....                 | 278        |
| 6.4.1 OSI 网络管理结构 .....         | 278        |
| 6.4.2 网络管理功能 .....             | 279        |
| 6.4.3 简单网络管理协议 SNMP .....      | 280        |
| 6.5 本章小结 .....                 | 281        |
| 6.6 本章习题 .....                 | 281        |

# 第 1 章 网络工程基础知识

## 本章学习要点

- 网络的通信技术基础
- 网络的计算机技术基础
- OSI/RM 协议及工作原理
- Internet 网络概念及工作原理
- 最新三层交换体系结构概念及工作原理
- 网络的分类和功能

## 1.1 网络通信基础知识

### 1.1.1 数据通信技术知识

#### 1. 数据通信的基本概念

首先介绍以下几个术语。

- 数据：是指定义为有意义的实体。数据涉及事物的形式，而信息涉及的是这些数据的内容和解释。
- 信号和信号发送：信号是数据的电磁或电子编码，信号发送是指沿传输介质传播信号的动作。
- 传输：指传播和处理信号的数据通信。

#### 2. 模拟数据通信和数字数据通信

模拟数据和数字数据的概念是非常简单的。模拟数据是指在某个区间产生连续值的数据，例如温度和压力都是连续值。数字数据是指在某个区间产生离散值的数据，例如文本信息和整数。

在通信系统中，模拟信号是一种连续变化的电磁波，这种电磁波可以按照不同频率在各种介质上传输。通常用恒定的正电压来表示二进制 1，用恒定的负电压来表示二进制 0。数字信号是一种离散值的方波或脉冲波，它发送的最基本优点是：比一般模拟信号发送便宜，很少受噪音干扰的影响。其最主要的缺点：数字信号比模拟信号易衰减，传送的距离较短。模拟数据和数字数据都可以分别用模拟信号和数字信号来表示和传播。

模拟数据是时间的函数，并且占有一定的频谱范围。这种数据可以直接用占有相同频谱范围的电磁波信号来表示。例如声波的频率范围在 20Hz~20kHz 之间，然而大多数语音的频率范围要窄得多。声音信号的标准频谱范围是 300 Hz~3400Hz，对于清楚地传

播声音数据来说,此频谱是完全足够的,电话设备就是此频谱的典型应用。为了使声音以标准频谱输入,首先需要产生相同频率幅度的电磁信号,然后,可以用相反的过程把电能转换为原来的声音。

利用调制解调器(Modem)或其他转换设备,数字数据也可以用模拟信号来表示。调制解调器通过一个载波频率把一串二进制(双值)电压脉冲转换为模拟信号,称为调制。所产生的信号占有以此种载波频率为中心的某一频谱,并且能在适合于此种载波的介质上传播。大多数通用的调制解调器都用音频频谱来表示数字数据,因此能使那些数据在普通的音频电话线上传播。在线路的另一端,调制解调器把信号解调为原来的数据。

与调制解调器完成的操作相类似,模拟数据也可以用数字信号来表示,对于声音数据来说,完成这种功能的是编解码器(CODEC)。实质上,编解码器接收一个直接表示声音数据的模拟信号,然后用二进制位流近似地表示这个信号。在线路的另一端,二进制位流被重新构造为模拟数据。

数字数据也可以直接用两种电平来表示,即用二进制形式表示。然而,为了改变其传播特性,常常对二进制数据进行编码。

模拟信号和数字信号都可以在合适的传输介质上进行传输,但模拟信号和数字信号之间最终还是有所差别的。模拟传输是一种不考虑内容的传输模拟信号的方法,信号可以表示模拟数据(例如声音)或表示数字数据(例如通过调制解调器发送的数据)。无论是哪种情况,在传输一定的距离之后,模拟信号都将衰减。为了实现长距离传输,模拟传输系统都包括一定数量的放大器,用放大器来使信号中的能量得到增加。遗憾的是,放大器在放大信号的能量时,也使噪音分量增加。如果通过串联放大器来实现长距离传输,那么信号就会越来越畸形。对于模拟数据,例如声音,可以允许许多位的变形,而且仍然易于理解。但是,对于数字数据来说,串联的放大器将会产生不允许的错误畸形。

与此相反,数字传输与信号的内容有关。衰减会危及数据的完整性,数字信号只能在一个有限的距离内传输。为了获得更大的传输距离,可以使用中继器。中继器接收数字信号,把数字信号恢复为1的模式和0的模式,然后重新传输这种新的信号。这样就克服了衰减。

对于远程通信,数字信号发送不像模拟信号发送那样用途广泛和实用。例如数字信号发送不可使用卫星系统和微波系统,所以,现在的数字信号传输都采用光缆。在局部网络中,不一定采用像远程通信那样的解决办法。由于数字电路价格下降,采用数字技术越来越便宜。

## 1.1.2 数据编码技术

### 1. 数字数据的模拟信号

模拟信号发送的基础就是一种称之为载波信号的连续的频率恒定的信号。通过调制以下三种载波特性之一来对数字数据进行编码:振幅、频率、相位的变化或者这些特性变化的某种组合。

对数字数据的模拟信号进行调制的三种基本形式:

- 幅移键控法 ASK(Amplitude - shift Keying)

- 频移键控法 FSK(Frequency - shift Keying)
- 相移键控法 PSK(Phase - shift Keying)

三种键控法的波形示意图如图 1-1 所示。

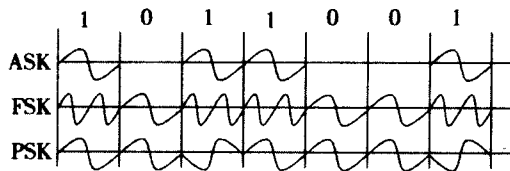


图 1-1 三种键控法波形示意图

在幅移键控法 ASK 方式下,用载波频率的两个不同的振幅(零和最大)来表示两个二进制值。ASK 方式容易受增益变化的影响,因此,是一种效率相当低的调制技术。在音频线路上,通常只能达到 1200bps。

在频移键控法 FSK 方式下,用载波频率附近的两个不同频率来表示两个二进制值。这种方案比起 ASK 方式来,不容易受干扰。在音频线路上,通常可达 1200bps。这种方式一般也用于高频(3~30MHz)的无线电传输,它甚至也能用于较高频率使用同轴电缆的局部网络。

在相移键控法 PSK 方式下,利用载波信号的相位移动来表示数据。在相位移动系统中,0 表示为发送与以前所发送信号串同相的信号。1 表示为发送与以前发送信号串反相的信号串。相移键控法 PSK 也可以使用多个相的位移。四相系统能把每个信号串编码为两位。PSK 技术有较强的抗干扰能力,而且比 FSK 方式更有效,在音频线路上,传输率可达 9600bps。

上述所讨论的各种技术也可以组合起来使用。常见的是相移键控法 PSK 和幅移键控法 ASK 组合,组合后在两个振幅上均可以分别出现部分相移或整体相移。

## 2. 数字数据的数字信号

对于传输数字数据的数字信号来说,最普遍而且最容易的办法是用两个电压电平来表示两个二进制数字。例如无电压(也就是无电流)常用来表示 0,而恒定的正电压用来表示 1。使用负电压(高)表示 1 也是很普遍的,后一种技术称为不归零制 NRZ(Non - return to zero)。

不归零制 NRZ 传输也有若干缺点,它难以决定一位的结束和另一位开始,需要有某种方法来使发送器和接收器进行定时或同步。

克服上述缺点的另一个编码方案是曼彻斯特编码,这种编码通常用于局部网络传输。在曼彻斯特编码方式中,每一位的中间有一个跳变。位中间的跳变既作为时钟,又作为数据;从高到低的跳变表示 1,从低到高的跳变表示 0。有时,人们也使用差分曼彻斯特码的修改格式,在这种情况下,位中间的跳变仅提供时钟定时,用每位周期开始时有无跳变来表示 0(1)的编码。在上述两种情况下,由于时钟和数据包含于信号数据流中,所以这种编码被人们称为自同步编码。不归零制编码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特码示意图,如图 1-2 所示。

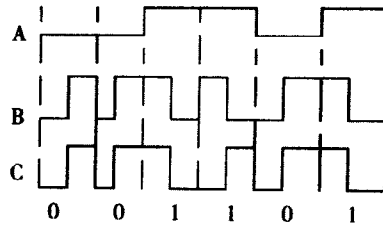


图 1-2 A,B,C 编码示意图

### 3. 模拟数据的数字信号

利用数字信号对模拟数据进行编码的最常见例子是脉冲代码调制 PCM(Pulse Code Modulation),它常用于对声音信号进行编码。脉冲代码调制是以采样定理为基础的,采样定理指出:

- 如果在规定的时间内,以等于或高于两倍最高有效信号频率的速率对信号  $f(t)$  进行采样的话,那么,这些采样值包含了原始信号的全部信息。利用低通滤波器可以从这些采样中重新构造出函数  $f(t)$ 。
- 如果声音数据限于 4000Hz 以下的频率,那么 8000 次每秒的采样可以满足完整地表示声音信号的特征。然而,值得注意的是,这只是模拟采样。为了转换成数字采样,必须给每一个模拟采样值指定一个二进制代码。比如每个采样值都被近似地量化为 16 个不同级中的一个,这样,每个采样值都能用 4 位二进制数来表示。如果使用七位二进制表示采样的话,就允许有  $(2^7)$  128 个量化级,那么所恢复的声音信号的质量就比得上模拟传输所达到的质量。这就意味着,仅仅是声音信号就需要有 8000 次每秒采样,每个采样 7 位,则总共为 56000bps 的数据传输率。

一般来说,人们使用称之为“非线性编码(nonlinear encoding)”的技术来改进脉冲代码调制 PCM 方案。

PCM 的计算举例:

设采样次数为 8000 次/秒,量化级为 256,问信号的最大传输速率是多少?

因为量化级为 256,则每次采样的数据可以用八位二进制来表示。采样次数为 8000 次/秒,于是最大传输速率为:  $8000 \times 8 \approx 64\text{Kbps}$

设声音频率为 3000Hz,量化级为 128,问信号的最大传输速率是多少?

因为量化级为 128,则每次采样的数据可以用七位二进制来表示。声音频率为 3000Hz,则采样次数为 6000 次/秒,于是最大传输速率为:  $6000 \times 7 = 42\text{Kbps}$

#### 1.1.3 多路复用

无论是局部网络还是远程网络,总是出现传输介质的能力超过传输单一信号的情况。为了有效地利用传输系统,人们希望通过同时携带多个信号来高效率地使用传输介质,这就是所谓的“多路复用(Multiplexing)”。一般普遍使用频分多路复用 FDM 和时分多路复用 TDM。

频分多路复用 FDM 利用了介质的可用带宽超过给定信号所需的带宽的优点。如果每个信号以不同的载波频率进行调制,而且各个载波频率是完全独立的即信号的带宽不相互重叠的话,那么就可以同时携带许多信号。每个信号需要一个以它的载波频率为中心的一定带宽,称之为通道。为了防止干扰,使用保护带隔离每一个通道,保护带是一些无用的频谱区。

时分多路复用 TDM 利用了介质能达到的位传输率超过传输数字数据所需的数据传输率的优点。利用每个信号在时间上的交叉,可以在一个传输通路上传输多个数字信号。

时分多路复用 TDM 可分为同步时分多路复用 TDM 和异步时分多路复用 TDM。其中,同步时分多路复用 TDM 的时间片是预先分配好的,而且是固定不变的,因此各种信息源的传输定时是同步的。与此相反,异步时分多路复用 TDM 允许动态地分配传输介质的时间。在本书中 TDM 这个词将只用于表示同步时分多路复用。

时分多路复用 TDM 不局限于传输数字信号,模拟信号也可以同时交叉传输。另外,对于模拟信号,时分多路复用 TDM 和频分多路复用 FDM 结合起来使用也是可能的。一个传输系统可以频分许多条通道,每条通道再用时分多路复用来细分。在宽带局部网络中,这种技术是经常使用的。

实用中的 Bell 系统,就是利用 PCM 和 TDM 技术供 24 路采样声音信号在一个通道上复用。帧编码是用于同步,控制信号是用于呼叫设置、状态检测和呼叫终止等。数据速率是  $193\text{b}/125\mu\text{s}$ ,即  $1.544\text{Mbps}$ ,通常称为 T 载波。

CCITT 推荐了两种 PCM 载波,一种是和 T 载波一样的  $1.544\text{Mbps}$ ,另一种是  $2.048\text{Mbps}$ 。后一种载波中每一帧开始有 8b 作同步使用,中间有 8b 用作信令,再加上 30 路 8b 数据,全帧占 256b,数据速率是  $256\text{b}/125\mu\text{s}$ ,即  $2.048\text{Mbps}$ 。 $1.544\text{Mbps}$  的载波中还包含 T2 载波  $6.312\text{Mbps}$  和 T3 载波  $46.304\text{Mbps}$ 。

#### 1.1.4 传输速率

通信通道的通信能力是以带宽来界定的,通常是指通道的宽度,它决定了通道最大的数据传输率。数据传输率的单位是 bps(位/秒)。

低速通道的传输率一般为  $300\text{bps}\sim 9600\text{bps}$ 。这种声音级的模拟通信线,既可以传递模拟信号,也可以传递数字信号,用于计算机、视频终端、传真机等。目前已经很少使用此低速通道的传输率。

中速通道为用户一般使用的线路,其传输速率可以达到  $9600\text{bps}\sim 256\text{Kbps}$ 。目前使用最多的为  $56\text{Kbps}$  的传输速率。

高速数字通道传输速率一般可以达到  $256\text{Kbps}\sim 10\text{Gbps}$ ,通常将其称为宽带通信通道。一般用于微波、光缆、卫星通信,它也将成为 Internet 网络的传输速率。

#### 1.1.5 传输模式

传输模式分为同步传输与异步传输。异步传输一次只传送一个字符,并且在每个字符前加一个起始位,在字符后跟一个终止位,这种传输模式主要用于传输速率低于  $2400\text{bps}$  的低速传输。同步传输每次传送一组字符,并在首尾加上由处理机规定的线路确认

的字符,这种传输模式通常用于高速传输。现在的 Internet 网络大多采用同步传输。

### 1.1.6 传输方向

通信通道可以提供三种类型的数据传输方向,分别为单工、半双工和全双工。单工方向是指信号在传输线中只能沿一个方向传送。半双工是指信号在传输线中可以沿两个方向传送,但某一时刻只能沿一个方向传送,这种方向可以满足低速传送。全双工允许数据在同一时刻进行双向传送,它主要用于计算机系统之间的高速传送。现在的网络都使用全双工的数据传输方向。

### 1.1.7 交换技术

网络中两点之间的通信通常要通过中间节点的传输才能实现,而中间节点只提供交换功能。按数据传送技术,可把中间节点提供的交换功能划分为三种。

第一种是电路交换(又称线路交换)。通常的电话服务属于电路交换(又称线路交换),它由电路交换(又称线路交换)机完成信号发送端与接收端的连接,直到通信结束。

第二种是报文交换。某一时刻,报文中的一个 block,从一台交换设备传送到另一台交换设备。有时这种交换方式也称为存储转发传送,因为报文在再次传送前是暂时性地存储在交换设备中。

第三种是分组交换。分组交换是把已分小的报文结合起来成为一个分组(Packet)。分组交换网络的运载是利用计算机和其他通信处理器控制交换处理并传送租用线路的用户分组信息。众所周知的分组交换网络 X.25 就是一个遵照国际协议的公用分组交换网。

#### 1. 交换技术比较

各种交换技术的性能取决于许多因素,其中包括:站的数目、结点的数目和排列、系统的总负载、两个站之间典型的交换长度(时间长度和数据长度)等。

不同的交换技术适用于不同的场合:

- 对于交互式通信来说,报文交换是不合适的。
- 对于较轻的和/或间歇式负载来说,电路交换(又称线路交换)是最合算的,因为可以通过电话拨号线路来使用公用电话系统。
- 对于两个站之间很重的和持续的负载来说,使用租用的电路交换(又称线路交换)是最合算的。
- 当把交换中等数量数据的设备应用到大量的数据交换时,应使用分组交换技术。这种技术的线路利用率可大大提高。
- 数据报分组交换适用于短报文和具有灵活性的报文。

#### 2. 交换技术的主要特点

交换技术的主要特点如下:

- 电路交换(又称线路交换) 在数据开始传送之前,必须先设置一条完全的通路;在线路释放以前,该通路将被一对用户完全占用;对于猝发式的通信,电路交换(又称线路交换)效率不高。



- 报文交换 报文从源点传送到目的地都采用存储转发的方式,在传送报文时,同时只占用一段通道。在交换结点中需要缓冲存储,报文需要排队,因此,报文交换不能满足实时通信的要求。
- 分组交换 交换方式和报文交换方式类似,但报文被分成分组传送,并规定了最大的分组长度。在数据报分组交换中,目的地需要重新组装报文。分组交换技术是在数据网络中最广泛使用的一种交换技术。

现有的公共数据交换网都采用分组交换技术,像美国的 TELENET 和 TYMNET,以及由很多国家建设的公用数据网,都属这一类型。

局域网(LAN)也都采用分组交换技术。由于在局域网中,从源点到目的地只有一条单一的直接通路,因此,不需要像公用数据网中那样的路由选择和交换功能。

电路交换(又称线路交换)技术在局域网中也被广泛采用。计算机交换机 CBX 就是用电路交换(又称线路交换)技术的局部网。

由于报文交换技术不能满足实时通信要求,因此,在局部网中不采用报文交换技术。

### 1.1.8 通信介质访问控制技术

通信介质访问控制技术主要用于说明局域网的特性,它对网络的响应时间、吞吐量和效率起着十分重要的影响。在局域网中,不论是环型结构,还是总线结构,都可以把传输介质作为各站点共享的资源。将传输介质的频带有效地分配给网上各站点的用户的方法,称为介质访问控制协议。各种局域网的性能,很大程度上取决于所选用的介质访问控制协议。

设计一个好的介质访问控制协议有三个基本目的:协议要简单,获得有效的通道利用率,对网上各站点用户的流量最好公平分配。

在各种介质访问控制方案中,可以采用 TDM 或 FDM 的方案共享传输介质。在 TDM 的方案中,可以选用同步的技术,更为普遍的是用异步技术。同步技术是对每个连接分配固定的容量,如 CBX(交换机);异步技术是用动态方法给各个连接分配容量。以下有三种不同的异步技术:

- 轮转 网上的每个站点轮流地获得发送机会,这种技术适合于交互式的终端对主机通信。
- 预约 介质上的时间被分割成若干个时间片,网上的各个站点都可以得到所分配的规定数量的时间片。若要发送,必须事先预约只有此站点能占用的时间片,这种技术适用于数据流的通信。
- 争用 网上的所有各站点都能争用同一介质,这种技术实现起来简单,对轻负载或中等负载的系统比较有效,适合于猝发式的通信。

争用方法是属于随机访问技术,轮转和预约的方法属于控制访问技术,后者又可分成分布式控制和集中式控制两种。集中式控制方案中有一个集中控制器,由它许可某个站访问网络,任何一个站要发送,必须事先从控制器得到许可。分布式控制方案,可以动态地决定各个站的发送次序。集中式控制器有较强的控制功能,易于协调,由于控制功能集中在控制器完成,所以各个站的控制可以做得很简单。它的缺点是可靠性降低、效率减低,且传播延迟增加。