

计算机信息管理专业 独立本科段
计算机及应用专业 专科

全国高等教育自学考试

计算机网络技术习题详解

黄明 梁旭 编著



全国高等教育自学考试

计算机网络技术 习题详解

(计算机信息管理专业 独立本科段、计算机及
应用专业 专科)

黄 明 梁 旭 编著



机械工业出版社

本书是根据“全国自学考试（计算机信息管理专业 独立本科段、计算机及应用专业 专科）考试大纲”以及历年考题编写的。本书共分 4 部分：第 1 部分是笔试应试指南；第 2 部分是笔试题解；第 3 部分是模拟试卷及参考答案；最后是附录，包括考试大纲和 2002 年上半年试卷。

本书紧扣考试大纲，内容取舍得当，叙述通俗易懂，附有很多与考试题型类似的习题及答案，以检查读者对考点的掌握程度。

本书适用于准备参加全国自学考试（计算机信息管理专业 独立本科段、计算机及应用专业 专科）的考生，也可作为大专院校和培训班的教学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络技术习题详解/黄明，梁旭编著. —北京：机械工业出版社，2004.1
（全国高等教育自学考试）

ISBN 7-111-13396-X

I. 计... II. ①黄...②梁... III. 计算机网络—高等教育—自学考试—解题
IV. TP393-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 102242 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策 划：胡毓坚

责任编辑：孙 业

责任印制：闫 焱

北京中加印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·14.5 印张·356 千字

0001—5000 册

定价：22.00 元

凡购本图书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

出版说明

全国高等教育自学考试指导委员会推出面向社会的高等自学考试，经过 10 多年的实践，已建立起一整套较为完善的规章制度和操作流程，考试组织严密规范，考试纪律严格；坚持考试标准，实行教考分离，确保了毕业生的质量。它为没有机会进入高等学校的中国公民提供了接受高等教育的机会，并以严格的国家考试保证了毕业生的质量，获得了普遍赞誉。国家自考中心于 2002 年开始执行新的考试计划。新计划中开设的专业共 224 个，其中专科 141 个约占 63%，独立本科段 61 个约占 27%，专本衔接专业 22 个约占 10%。为帮助、指导广大自考生深入理解计算机及相关专业考试的基本概念，灵活运用基本知识，掌握解题方法和技巧，熟悉考试模式，进一步提高应试能力和计算机水平，特编写了以下专业的基础课与专业课主要课程的习题详解。

- ◇ 计算机及应用专业 独立本科段
- ◇ 计算机信息管理专业 独立本科段
- ◇ 计算机网络专业 独立本科段
- ◇ 计算机及应用专业 专科

丛书特点：

1. 以 2002 年最新考试大纲为基准

本丛书是根据 2002 年最新考试大纲，为参加全国高等教育自学考试考生编写的一套习题详解教材。

2. 例题反映了历届考试中的难度和水平

书中对大量的例题进行了分析，所选例题都是在对最近几年考题深入研究的基础上精心筛选的，从深度和广度上反映了历届考试中的难度和水平。

3. 作者经验丰富

本丛书的作者都是多年从事全国高等教育自学考试辅导的高等院校的教师。

读者对象：

- ◇ 准备参加全国高等教育自学考试的考生。
- ◇ 计算机及相关专业的本专科生。

前言

自学考试是对自学者进行以学历考试为主的国家高等教育学历考试。本书是为帮助和指导广大考生深入理解自学考试的基本概念，灵活运用基本知识，掌握解题方法和技巧，熟悉考试模式，进一步提高应试能力和计算机水平而编写的。

全书共分 4 部分，即笔试应试指南、笔试题解、模拟试卷及参考答案和附录。书中所选例题均是在对历年真题深入研究的基础上精心筛选的，从深度和广度上反映了考试中的难度和水平。模拟试卷的题型分配与真题一致，这些题目是考试指导教师的多年积累，在辅导班中多次实际使用过。

书中附录给出了“全国自学考试（计算机信息管理专业 独立本科段、计算机及应用专业 专科）计算机网络技术考试大纲”，以及“2002 年上半年全国自学考试计算机网络技术试卷及参考答案”。

本书由黄明、梁旭编写。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，请读者和专家批评指正。

读者在使用本书的过程中如有问题，可通过 E-mail 与我们联系：

dlhm@263.net

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 部分 笔试应试指南

1.1 笔试应试策略	2
1.2 笔试考点归纳	3
1.2.1 计算机网络概论	3
1.2.2 计算机网络基础知识	6
1.2.3 计算机网络体系结构及协议	16
1.2.4 局域网	34
1.2.5 计算机网络实用技术	42

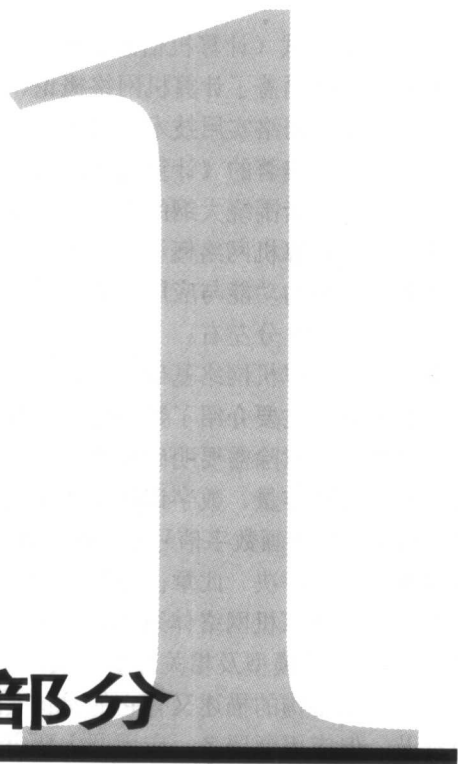
第 2 部分 笔 试 题 解

2.1 计算机网络概论	50
2.1.1 选择题	50
2.1.2 填空题	53
2.1.3 名词解释题	54
2.1.4 简答题	54
2.1.5 习题	56
2.2 计算机网络基础知识	57
2.2.1 选择题	57
2.2.2 填空题	69
2.2.3 名词解释题	72
2.2.4 简答题	74
2.2.5 计算题	76
2.2.6 应用题	80
2.2.7 习题	81
2.3 计算机网络体系结构及协议	85
2.3.1 选择题	85
2.3.2 填空题	104
2.3.3 名词解释题	108
2.3.4 简答题	111
2.3.5 计算题	115
2.3.6 应用题	117

2.3.7 习题	120
2.4 局域网	123
2.4.1 选择题	123
2.4.2 填空题	143
2.4.3 名词解释题	146
2.4.4 简答题	147
2.4.5 计算题	149
2.4.6 应用题	151
2.4.7 习题	152
2.5 计算机网络实用技术	156
2.5.1 选择题	156
2.5.2 填空题	169
2.5.3 名词解释题	171
2.5.4 简答题	173
2.5.5 习题	174
2.6 习题参考答案	178

第3部分 模拟试卷及参考答案

3.1 模拟试卷一及参考答案	190
3.1.1 模拟试卷一	190
3.1.2 参考答案	194
3.2 模拟试卷二及参考答案	196
3.2.1 模拟试卷二	196
3.2.2 参考答案	200
附录	205
附录 A 全国自学考试(计算机信息管理专业 独立 本科段、计算机及应用专业 专科)计算机 网络技术考试大纲	206
附录 B 2002 年上半年全国自学考试计算机网络技 术试卷及参考答案	217
参考文献	226



第1部分

笔试应试指南

笔试应试策略

笔试考点归纳

1.1 笔试应试策略

全国自学考试（计算机信息管理专业 独立本科段、计算机及应用专业专科）计算机网络技术考试大纲涵盖了计算机网络概论、计算机网络基础知识、计算机网络体系结构及协议、局域网、计算机网络实用技术 5 部分内容。使用的教材是由全国高等教育自学考试指导委员会组编，杨明福编著的《计算机网络技术》，2000 年 6 月由经济科学出版社出版。在考试复习的过程中要紧紧围绕大纲的知识点，首先对大纲涉及的各章基本内容要熟练掌握。

第 1 章为计算机网络概论，属于常识性知识，主要介绍了计算机网络的定义、演变和发展；计算机网络的功能与应用。需要掌握一些基本概念和术语，此章的考题多为填空题和选择题，占分量为 5 分左右。

第 2 章为计算机网络基础知识，是基础性知识，这章的内容很重要，因为以后的学习均要以它为基础。主要介绍了数据通信、数据交换方式、网络拓扑结构、信号传输媒体、差错检测方法等。本章除需要明确概念外，还要有一定的计算能力，计算题主要出现在诸如数据传输速率、信道容量、数字调制速率加倍问题、奇偶校验编码问题、循环冗余编码和海明码问题，同时还要会画数字信号编码波形图，这些题都是在掌握基本概念和基本原理的基础上，才能顺利正确的解决。此章占分量为 15 分左右。

第 3 章为计算机网络体系结构及协议，是重点考察的内容。主要介绍了标准化的网络体系结构 OSI 参考模型及相关各层协议，还介绍了现实中应用十分广泛的 TCP/IP 协议。本章既有网络体系结构的描述又有它的具体实现，涉及的重点和难点较多。考试中的各种题型它均有涉及，但应用题居多。应用题主要出现在串行通信编程问题（包括 DOS 级的 PC 通信和 BIOS 级的 PC 通信两种）、差错控制（包括空闲重发请求、Go—back—N 策略、选择重发策略）、流量控制（包括 XON/XOFF 方案、滑动窗口机制）、BSC 和 HDLC 链路控制协议的字符转义、报文填充问题等。本章要注重对基本原理的掌握，一定要理清思路，抓住重点。此章占分量为 30 分左右。

第 4 章为局域网，主要介绍了局域网的体系结构、协议标准、拓扑结构、CSMA/CD 总线网、令牌环网、令牌总线网、FDDI 及 Novell Netware 局域网操作系统。考试中的各种题型它均有涉及，计算题和应用题占的比重很大，学习时首先要了解局域网的主要技术：拓扑结构、传输媒体、媒体访问控制方法等；其次，要掌握 CSMA/CD、令牌环、令牌总线这 3 种媒体访问控制方法的工作原理，并能解决一些实际问题，如最短帧长、比特环长、线缆最大长度等的计算问题；最后，要了解 FDDI 和 Novell Netware 局域网操作系统的工作原理及相关的实用技术。在学习本章的过程中要注意利用对比的学习方法，善于总结比较，以加深理解和记忆。此章占分量为 30 分左右。

第 5 章为计算机网络实用技术，主要介绍了综合业务数字网、异步传输模式、帧中继、高速局域网、互联网、内联网及网络管理和网络安全等内容。本章多为理解识记内容，题型多为选择题、填空题，也会针对某种技术出相关的应用问题。学习本章要注重关键概念和每种技术的主要特征，做到理解概念和识记特征就可以了。此章占分量为 20 分左右。

在复习时根据大纲里提供的考核点和考核要求来进行复习，这样就能抓住重点，进行有效复习。在做练习时，要根据考试的题型进行练习，在掌握基本概念的基础上，掌握一定的

解题技巧。计算机网络技术的考试题型有：选择题、填空题、名词解释题、简答题、计算题和应用题等题型。对于不同题型，要采用不同的答题方法。

选择题：这种题型可考查考生的理解、推理分析，综合比较，评分客观。在答题时，可以直接得出正确答案，对于没有太大把握的试题，也可以采用排除法，经过分析比较加以逐步排除错误答案，最终选定正确答案。

填空题：这种题型常用于考核考生观察能力与运用有关概念、原理的能力。在答题时，无论有几个空，回答都应明确、肯定，考生在复习中最好的应对办法是对学科知识中最基本的知识、概念、原理等要牢记。

名词解释题：这种题型着重考核考生对基本概念的理解、原理的准确性，在复习的过程中对考试大纲涉及的一些基本概念和原理要熟练掌握。

简答题：这种题型灵活性比较大，着重考核考生对概念、知识、原理的掌握。答案往往是惟一的，是原理性的东西，但有时跨度会很大，需要总结归纳对比，这就要求我们在复习的过程中，仔细理解大纲中涉及到的知识点，因为任何一个知识点都可以出简答题。

计算题：这种题型着重考核考生分析、解决实际问题的能力，在答题时，首先要确认本题要考察的知识点即基本原理，然后应用相关原理、公式进行解决。

应用题：这种题型着重考核考生的综合应用能力，要在理解基本原理的基础上，综合运用所学知识进行分析解答。

考生在复习时在掌握知识点的同时也应抓住这些题型的特点，这样才能达到好的应试效果。

1.2 笔试考点归纳

1.2.1 计算机网络概论

1. 计算机网络的定义、演变和发展

(1) 计算机网络的定义

计算机网络是现代计算机技术与通信技术密切结合的产物，是随着社会对信息共享和信息传递的日益增强的需求而发展起来的。所谓计算机网络，就是利用通信设备和线路将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统互相连接起来，以功能完善的网络软件（即网络通信协议、信息交换方式和网络操作系统等）实现网络中资源共享和信息传递的系统。

(2) 计算机网络的两大组成部分

一个计算机网络是由资源子网和通信子网构成的。资源子网负责信息处理，通信子网负责全网中的信息传递。

资源子网包括提供资源的主机 HOST 和请求资源的终端 T (Terminal)，它们都是信息传输的源节点或宿节点，有时统称为端节点。根据不同的作用，网络节点可以是分组交换设备 PSE (Packet Switching Exchanger)、分组装配 / 拆卸设备 PAD (Packet Assembler Disassembler)、集中器 C (Concentrator)、网络控制中心 NCC (Network Control Center)、网间连接器 G (Gateway) 或它们的组合。

通信子网主要由网络节点和通信链路组成。网络节点也称为转接节点或中间节点，它们

的作用是控制信息的传输和在端节点之间转发信息。通信链路即传输信息的信道，它们可以是电话线、同轴电缆或光缆线，也可以是无无线电、卫星或微波信道。

(3) 计算机网络的 3 个发展阶段

追溯计算机网络的发展历史，它的演变可以概括为面向终端的计算机网络、计算机—计算机网络和标准化的网络 3 个阶段。

1) 面向终端的计算机网络。它始于 20 世纪 50 年代初期，是以单个计算机为中心的远程联机系统，构成面向终端的计算机网络。联机系统即用一台中央主机连接大量的地理上分散的终端。如 50 年代初美国的 SAGE 系统。

为减轻中心计算机的负载，在通信线路和计算机之间设置了一个前端处理机 FEP 或通信控制器 CCU 专门负责与终端之间的通信控制，使数据处理和通信控制分开。在终端机较集中的地区，采用了集中管理器（集中器或多路复用器）用低速线路把附近群集的终端连起来，通过 Modem 及高速线路与远程中心计算机的前端机相连。这样的远程联机系统既提高了线路的利用率，又节约了远程线路的投资。

2) 计算机—计算机网络。它始于 20 世纪 60 年代中期，是若干个计算机互联的系统。美国的 ARPANET 是一个非常成功的典型代表，它的概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络打下了基础。用户只要购买计算机公司提供的网络软件、硬件产品，再通过专用或租用的通信线路即可组成计算机网络。

3) 标准化的网络。虽然已有大量各自研制的计算机网络正在运行和提供服务，但仍存在不少弊病，主要原因是这些各自研制的网络没有统一的网络体系结构，难以实现互联。这种自成体系的系统称为“封闭”系统。为此，人们迫切希望建立一系列的国际标准，渴望得到一个“开放”的系统。这也是推动计算机网络走向国际化的一个重要因素。

标准化的网络始于 1984 年国际标准化组织 ISO 正式颁布的称为“开放系统互联基本参考模型”的国际标准 ISO 7498，简称 OSI 参考模型。

(4) ISO 的 OSI

国际标准化组织 ISO (International Standards Organization) 于 1984 年正式颁布了一个称为“开放系统互联基本参考模型 (Open System Interconnection Basic Reference Model)”的国际标准 ISO 7498，简称 OSI 参考模型或 OSI/RM。该模型是由 7 层组成，故也称 OSI 7 层模型。OSI/RM 的提出，开创了一个具有统一的网络体系结构、遵循国际化协议的计算机网络新时代。

(5) 因特网、公用数据网和 SNA

1) 因特网。Internet 的前身是 ARPANET，ARPANET 的体系结构与后来的 OSI 不完全一致，而 ARPANET 中采用的 TCP/IP（传输控制协议及互联网协议）却成为当今事实上的工业标准。后来的美国国家科学基金资助的 NSFNET 网与 ARPANET 网互联，1988 年 NSFNET 取代了原有的 ARPANET，成为 Internet 的主干网。

2) 公用数据网。计算机网络中负责完成节点间通信任务的通信子网称为公用数据网。如英国的 PSS、法国的 TRANSPAC、加拿大的 DATAPAC、美国的 TELENET、欧共体的 EURONET、日本的 DDX—P 等都是公用数据网。我国的公用数据网 CHINAPAC (CNPAC) 于 1989 年开通服务。

这些公用数据网对于外部用户提供的界面大都采用了国际标准，即国际电报电话咨询委

员会 CCITT 制定的 X.25 建议。规定了用分组方式工作和公用数据网连接的数据终端设备 DTE 及数据电路终接设备 DCE 之间的接口。在计算机接入公用数据网的场合下, DTE 就是指计算机, 而公用数据网中的分组交换节点就是 DCE。

X.25 是为同一个网络上用户进行相互通信而设计的。而现在的 X.75 是为各种网络上用户进行相互通信而设计的。X.75 取代了 X.25。

3) SNA。SNA 是 IBM 公司用于计算机网络产品的设计规范, 它描述了网络部件的功能以及通过网络传输信息和控制网络配置、运行的逻辑构造、格式和协议等。

SNA 虽早于 OSI, 但底层却很相似。

2. 计算机网络的功能与应用

(1) 网络的功能

计算机网络的实现, 为用户构造分布式的网络计算环境提供了基础。它的功能主要表现在硬件资源共享, 软件资源共享和用户间信息交换 3 个方面。

1) 硬件资源共享。可以在全网范围内提供对处理资源、存储资源、输入输出资源等昂贵设备的共享, 如巨型计算机、具有特殊功能的处理部件、高分辨率的激光打印机、大型绘图仪以及大容量的外部存储器等, 从而使用户节省投资, 也便于集中管理和均衡分担负荷。

2) 软件资源共享。允许互联网上的用户远程访问各类大型数据库, 可以得到网络文件传送服务、远地进程管理服务和远程文件访问服务, 从而避免软件研制上的重复劳动以及数据资源的重复存储, 也便于集中管理。

3) 用户间信息交换。计算机网络为分布在各地的用户提供了强有力的通信手段。用户可以通过计算机网络传送电子邮件、发布新闻消息和进行电子商务活动。

(2) 计算机网络的分类

计算机网络的分类的依据不同, 得出的结果就会不同。

按网络的分布范围分类: 计算机网络可分为广域网、局域网和城域网 3 种。

按网络的交换方式分类: 计算机网络可分为电路交换网、报文交换网和分组交换网 3 种。

按网络的拓扑结构分类: 计算机网络可分为星形网、总线形网、环形网、树形网和网形网等。

按信道的带宽分类: 计算机网络可分为窄带网和宽带网。

(3) 计算机网络的典型应用

计算机网络在资源共享和信息交换方面所具有的功能, 是其他系统不能替代的。计算机网络所具有的高可靠性、高性能价格比和易扩充性等优点, 使得它在各个领域和行业获得越来越广泛的应用。

例如: 办公室自动化 OA、电子数据交换 EDI、远程交换、远程教育、电子银行、电子公告板系统 BBS、证券期货交易、广播分组交换、校园网、信息高速公路、企业网络、智能大厦和结构化综合布线系统等。

(4) 计算机网络的主要标准制定机构

为了使不同公司制造的计算机之间以及计算机与通信设备之间方便的互联和相互通信, 拥有大家共同遵守的标准实在是太重要了。由此, 接口、协议和计算机网络体系结构都应有共同遵守的标准, 也由此产生了很多国际上著名的专门从事标准制定的机构。

1) 国际标准化组织 (ISO): 是个自发的不缔结条约的组织, 由各技术委员会 (TC) 组

成。其中 TC97 负责制定有关信息处理的标准。中国从 1980 年参加了 ISO。

2) 国际电话电报咨询委员会 (CCITT): 现已改名为国际电信联盟电信标准化局 (ITU—T), 它是个国际条约组织, 中国是成员国之一。

3) 美国国家标准局 (NBS): 是美国商业部的一个部门, 它已经颁布了许多与 ISO 和 CCITT 兼容或稍有改动的标准。

4) 美国国家标准学会 (ANSI): 是个非政府组织, 是美国指定的 ISO 投票成员。它的研究范围与 ISO 相对应。

5) 欧洲计算机制造商协会 (ECMA): ECMA 是 CCITT 和 ISO 的无表决权成员, 并且也发布自己的标准, 而这些标准对 ISO 的工作有着重大的影响。

1.2.2 计算机网络基础知识

1. 数据通信技术

(1) 基本概念、放大器和中继器的作用及数据通信的定义

1) 数据, 有意义的实体。数据可分为模拟数据和数字数据。模拟数据是在某区间内连续变化的值; 数字数据是离散的值。

2) 信号, 是数据的电子或电磁编码。信号可分为模拟信号和数字信号。模拟信号是随时间连续变化的电流、电压或电磁波; 数字信号则是一系列离散的电脉冲。可选择适当的参量来表示要传输的数据。

3) 信息, 是数据的内容和解释。

4) 信源, 通信过程中产生和发送信息的设备或计算机。

5) 信宿, 通信过程中接收和处理信息的设备或计算机。

6) 信道, 信源和信宿之间的通信线路。

7) 模拟数据, 在某个区间内连续变化的值。如声音和视频都是幅度连续变化的波, 速度值和温度值也是连续变化的。

8) 数字数据, 离散的值, 如文字和整数。

无论是模拟数据还是数字数据, 在传输过程中都要转换成适合信道传输的某种信号形式。模拟数据和数字数据都可以用模拟信号或数字信号来表示。

9) 模拟数据转换成模拟信号不需要编码, 用与模拟数据频带相同的模拟信号表示即可。

10) 数字数据转换成模拟信号的主要原因是为了使传输的信号适合模拟信道。目前的网络在很大范围内不得不利用现有的电话网进行网络的数据传输。要在模拟的电话网中传输数字化信息, 就必须对数字数据进行编码。常用的编码设备是调制解调器 Modem, 俗称“猫”。调制解调器既有调制功能即将数字信号转换成模拟信号, 又有解调的功能即将模拟信号转换成数字信号。

11) 模拟数据也可以用数字信号来表示, 需要通过专门设备来实现。对于声音数据来说, 完成模拟数据和数字信号转换功能的设备是编码解码器 CODEC (Coder/Decoder)。CODEC 将直接表示声音数据的模拟信号编码转换为用二进制近似表示的数字信号; 而线路的另一端的 CODEC, 则将二进制位流解码恢复成原来的模拟数据。

12) 数字数据还可以直接用二进制形式的数字脉冲信号来表示, 但为了改善其传输性能, 一般先要对二进制的数据进行编码。

13) 放大器和中继器的作用, 信号在传输媒体上传输, 在传输一定距离后, 信号就会衰减, 为了实现远距离传输, 模拟传输系统需要放大器来增强信号中的能量, 但同时也会使噪声分量增强, 以至引起信号的畸变; 对于数字传输系统, 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。中继器接收了衰减的数字信号, 把数字信号恢复为“0”、“1”的标准电平, 然后重新传输这种新的信号, 这样就能有效的克服了衰减。

14) 数据通信, 它是一种通过计算机或其他数据装置与通信线路, 完成数据编码信号的传输、转接、存储和处理的通信技术。

(2) 数据传输速率相关内容

数据传输速率, 是指每秒能传输的二进制信息的位数, 单位为位/秒 (bits per second), 记作 bit/s。它用下式表示:

$$S=1/T \times \log_2 N$$

式中, T 为一个数字脉冲信号的宽度 (全宽码) 或重复周期 (归零码), 单位为秒; N 为一个码元所取的离散值个数。

通常: $N=2^K$, K 为二进制信息的位数, $K=\log_2 N$ 。

$N=2$ 时, $S=1/T$, 表示数据传输速率等于码元脉冲的重复频率。

信号调制速率, 表示单位时间内通过信道传输的码元个数, 也就是信号经调制后的传输速率, 单位为波特 (Baud), 所以又称为波特率。它用下式表示:

$$B=1/T$$

式中, T 为信号码元的宽度, 单位为秒。

由上述公式得:

$$S=B \log_2 N$$

或

$$B=S/\log_2 N$$

(3) 误码率

误码率是衡量数据通信系统在正常工作情况下的传输可靠性的指标, 它定义为二进制数据位传输出错的概率。设传输的二进制数据总数为 N 位, 其中出错的位数为 N_e , 则误码率表示为:

$$P_e=N_e/N$$

(4) 信道容量的相关问题

信道容量表征一个信道传输数据的能力, 单位也用位/秒 (bit/s)。信道容量与数据传输速率的区别在于, 前者表示信道的最大数据传输速率, 是信道传输数据能力的极限, 而后者则表示实际的数据传输速率。像公路上的最大限速与汽车实际速度的关系一样。

计算信道容量的两个经典公式:

1) 奈奎斯特 (Nyquist)。

无噪声下的码元速率极限值 B 与信道带宽 H 的关系:

$$B=2H$$

奈奎斯特公式——无噪声信道传输能力 C (bit/s) 公式:

$$C=2 H \log_2 N$$

式中, H 为信道的带宽, 即信道传输上、下限频率的差值, 单位为 Hz; N 为一个码元所取的离散值个数。

2) 香农公式 (Shannon)。

带噪声信道容量公式:

$$C = H \log_2(1 + S/N)$$

式中, S 为信号功率, N 为噪声功率, S/N 为信噪比, 通常把信噪比表示成 $10\lg(S/N)$ 分贝 (dB)。

(5) 通信方式

通信有两种基本方式, 即并行方式和串行方式。

1) 并行通信方式。并行通信传输中有多个数据位, 同时在两个设备之间传输。发送设备将这些数据位通过对应的数据线传送给接收设备, 还可附加一位数据校验位。接收设备可同时接收到这些数据, 不需要做任何变换就可直接使用。并行方式主要用于近距离通信。计算机内的总线结构就是并行通信的例子。这种方法的优点是传输速度快, 处理简单。

2) 串行通信方式。与并行通信方式相比, 串行通信方式在同一时间内只能传输一位数据, 串行数据传输时, 数据是一位一位地在通信线上传输的, 先由具有几位总线的计算机内的发送设备, 将几位并行数据经并一串转换硬件转换成串行方式, 再逐位经传输线到达接收站的设备中, 并在接收端将数据从串行方式重新转换成并行方式, 以供接收方使用。串行数据传输的速度要比并行传输慢得多, 但对于覆盖面极其广阔的公用电话系统来说具有更大的现实意义。

串行数据通信方式的方向有 3 种即单工、半双工和全双工。

① 单工数据传输只支持数据在一个方向上传输。

② 半双工数据传输允许数据在两个方向上传输, 但是, 在某一时刻, 只允许数据在一个方向上传输, 因而半双工通信实际上是一种可以切换方向的单工通信。

③ 全双工允许数据同时在两个方向上传输, 因而全双工通信是两个单工通信方式的结合, 它要求发送设备和接收设备都有独立的接收和发送能力。

2. 数据的编码技术和时钟同步

(1) 数字数据的模拟信号编码及相关的概念

为了利用廉价的公用电话交换网实现计算机之间的远程通信, 必须将发送端的数字信号变换成能够在公共电话网上传输的音频信号, 经传输后再在接收端将音频信号逆变换成对应的数字信号。实现数字信号与模拟信号互换的设备称作调制解调器 (Modem)。

模拟信号传输的基础是载波, 载波具有 3 大要素: 幅度、频率和相位, 数字数据可以针对载波的不同要素或它们的组合进行调制。

数字数据调制的基本方法有: 移幅键控法 ASK、移频键控法 FSK、移相键控法 PSK 及相位幅度调制 PAM。

1) 移幅键控法 (ASK) 是用载波的两种不同幅度来表示二进制数值的两种状态。如果用 8 种幅度值则可以表示八进制数值, 但是, 由于在同样的电压范围内幅度值分得越多, 相邻幅度值的差别越小, 信号就越易受干扰影响, 所以实现起来难度更大。在电话线路上, 通常只能达到 1200bit/s 的速率。

2) 移频键控法 (FSK) 是用载波频率附近的两种不同频率表示二进制数值的两种状态。如果用 4 种频率值, 则可以表示四进制数值。但是, 同样的频带, 分的频率值越多, 不同频率信号间的相互影响越大。在电话线路上, 使用 FSK 可以实现全双工操作, 通常可达到

1200bit/s 的速率。

3) 移相键控法 (PSK) 是利用载波信号的相位不同来表示不同数据。由于相位值受干扰的影响小, 所以实际中除了二相还使用四相、八相以致更多。PSK 可以使用二相或多于二相的相移, 利用这种技术, 可以对传输速率起到加倍的作用。

4) 相位幅度调制 (PAM) 是 PSK 和 ASK 的结合, 用 12 种相位, 其中 4 种相位的每个信号取两种幅度, 共得到 16 种不同的相位幅度离散状态。这样, 一个载波可以表示一位十六进制数或四位二进制数。

(2) 数字数据的数字信号编码及相关的概念

数字信号可以直接采用基带传输, 所谓基带就是指基本频带。基带传输是在线路中直接传送数字信号的电脉冲, 这是一种最简单的传输方式, 近距离通信的局域网都采用基带传输。基带传输需要解决的是收发双方的同步问题。不同步就会造成信号传输错误, 实现同步的方法很多, 在实际的应用中, 只要对数字数据采用适当的编码就可以解决同步问题。

常用的数字信号编码方案有单极性不归零码、双极性不归零码、单极性归零码、双极性归零码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码。

不归零码也叫全宽码, 是在一个码元 (脉冲) 的全部时间内保持一种状态。特点是编码简单, 但是对于连续相同的 “1” 或 “0”, 码元不易识别。

1) 单极性不归零码, 无电压表示 “0”, 恒定正电压表示 “1”, 每个码元时间的中间点是采样时间, 判决门限为半幅电平。

2) 双极性不归零码, “0” 码和 “1” 码都有电流, “1” 为正电流, “0” 为负电流, 正和负的幅度相等, 判决门限为零电平。

归零码是不论正脉冲表示一个码元还是负脉冲表示一个码元, 总要在一个码元时间内有一段时间内不发出电流 (即信号的幅值等于 0)。特点是码元容易区分, 但对信道带宽要求高。

1) 单极性归零码, 当发 “1” 码时, 发出正电流, 但持续时间短于一个码元的时间宽度, 即发出一个窄脉冲; 当发 “0” 码时, 仍然不发送电流。

2) 双极性归零码, 其中 “1” 码发正的窄脉冲, “0” 码发负的窄脉冲, 两个码元的时间间隔可以大于每一个窄脉冲的宽度, 取样时间是对准脉冲的中心。

曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码, 它们优点是都能从数据信号波形中提取同步信号。特征是信号在一个传输的数据位内总要发生一次跳变。由于发生了信号跳变, 则一位二进制数要用两个脉冲 (码元) 来表示, 故这两种编码的数据传输率只有波特率的一半。

1) 曼彻斯特编码是从高到低的跳变表示 “1”, 低到高的跳变表示 “0”。

2) 差分曼彻斯特编码是每位开始有跳变表示 “0”, 无跳变表示 “1”。

在计算机通信与网络中, 广泛采用的同步方法有位同步法和群同步法两种。

1) 位同步法。位同步是使接收端对每一位数据都要和发送端保持同步。位同步又分外同步法和自同步法。外同步法是接收端的同步信号不是自己产生的也不是从信号中提取的, 是由发送端事先发来的。自同步法是指接收端能从数据信号波形中提取同步信号的方法, 自同步法是通过数据信号编码实现的, 如局域网中常用的曼彻斯特编码。

2) 群同步法。在数据通信中, 群同步又称异步传输。是指传输的信息被分成若干 “群”。数据传输过程中, 字符可顺序出现在比特流中, 字符间的间隔时间是任意的, 但字符内各个

比特用固定的时钟频率传输。字符间的异步定时与字符内各个比特间的同步定时，是群同步即异步传输的特征。

群同步是靠起始和停止位来实现字符定界及字符内比特同步的。起始位指示字符的开始，并启动接收端对字符中比特的同步；而停止位则是作为字符间的间隔位设置的，没有停止位，下一字符的起始位下降沿便可能丢失。群同步传输每个字符由 4 部分组成：

- ① 1 位起始位，以逻辑“0”表示。
 - ② 5~8 位数据位，即要传输的字符内容。
 - ③ 1 位奇偶校验位，用于检错。
 - ④ 1~2 位停止位，以逻辑“1”表示，用作字符间的间隔。
- 由于群同步的编码效率和信道利用率低，一般用于低速场合。

(3) 模拟数据的数字信号编码及相关的概念

对模拟数据进行数字信号编码最常用的方法是脉码调制 PCM (Pulse Code Modulation)，它常用于对声音信号进行编码。脉码调制以采样定理为基础，该定理从数学上证明：如对连续变化的模拟信号进行周期性采样，只要采样频率大于等于有效信号最高频率或其带宽的两倍，则采样值可包含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原始信号。模拟信号的数字化过程一般可包含 3 个步骤：采样、量化和编码。

- 1) 采样。以采样频率 F_s 把模拟信号的值采出。
- 2) 量化。使连续模拟信号变为时间轴上的离散值，也就是一个分级过程，将采样得到的“离散”的模拟值按量化级别“取整”，这样得到的脉冲序列就成为真正的数字值了。
- 3) 编码。将离散值变成一定位数的二进制数码。

(4) 多路复用技术

多路复用技术就是把许多个单个信号在一个信道上同时传输的技术，它是有效地提高信道利用率的最常用的技术。最常用的是频分多路复用技术和时分多路复用技术。

1) 频分多路复用技术，简称 FDM，是在信道带宽超过原始信号所需带宽情况下，将物理信道的总带宽分成若干个与传输单个信号带宽相同的子信道，每个子信道传输一路信号。FDM 一般适合模拟信号的传输。

多路原始信号在频分复用前，先要通过频谱搬移技术将各路信号的频谱搬移到物理信道频谱的不同段上，使各信号的带宽不相互重叠，然后用不同的频率调制每一个信号，每个信号要一个样以它的载波频率为中心的一定带宽的通道。为了防止互相干扰，使用保护带来隔离每一个通道。

2) 时分多路复用技术，简称 TDM，是在媒体能达到的位传输速率超过传输数据所需的数据传输速率的情况下，将一条物理信道按时间分成若干个时间片轮流地分配给多个传输信号使用。如果时间片预先分配好且不改变，则为同步 TDM；如果时间片动态分配，则为异步 TDM。TDM 在宏观上是多个信号复用一条物理信道；微观上是多个信号分时轮流使用信道。TDM 常用于数字信号传输，也可以数字信号和模拟信号交叉传输。

应用于北美及日本地区的 T1 载波标准使用的是脉码调制 PCM 和时分多路复用 TDM 技术，使 24 路信号复用一条信道，构成 1 帧。每一路信号为 7 位数据位和 1 位控制位，最后有 1 位帧同步位，共计 193 位/帧。每一帧用 $125\mu\text{s}$ 时间传送，数据传输速率为 1.544 Mbit/s。