

- 计算机
- 通信
- 自动控制
- 系统工程

丛书



王光兴 主编

宽带计算机网 络设计与实现

CCCS SERIES

东北工学院出版社

内 容 简 介

本书比较全面论述了有关宽带计算机网络的理论设计和技术实现等问题,其中包括数据通信和计算机网络基础知识,宽带网络的规划与设计理论,宽带网络的构成部件,系统安装调试等内容,并对几种典型的宽带网络进行了简单介绍。

本书可供从事计算机网络特别是宽带计算机网络、CATV系统和各种通信工程的科技人员参阅,并可供高等院校通信和计算机网络等有关专业的师生参考。

宽带计算机网络设计与实现

王光强 主编

东北工学院出版社出版发行 东北工学院印刷厂印刷
(沈阳·南翔) (辽新出许字89084号)

开本: 850×1168 1/32 印张: 15.125 字数: 393千字
1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷
印数: 1~2000册

责任编辑: 王金邦 责任校对: 杨红
封面设计: 唐敏智

ISBN 7-81006-117-8/TP·9 定价: 3.76元

CCCS 丛书说明

计算机、通信、自动控制和系统工程已经广泛地应用于工业、国防，并正在迅速地渗透到金融财贸等经济领域。在先进的工业国家中，应用以计算机为基础的工业集成自动化系统不仅成效显著，而且已向智能化方向发展。工业自动化、办公自动化、军事自动化和农业自动化已成为当今世界社会生活现代化的标志。在未来的信息社会中，计算机、通信、自动化、系统工程必将越来越紧密地结合，以促进经济向更高的水平发展，推动社会向更高的层次前进。

为了适应建设和人才培养的迫切需要，我们组织编写“计算机(Computer)、通信(Communication)、自动控制(Control)和系统工程(System Engineering)”丛书(简称 CCCS 丛书)，准备理论与应用并重地介绍相应领域的有关理论、方法及应用的基础知识和前沿成果。本丛书可作为有关专业的本科生、研究生的教材和工程技术人员、管理人员、科学工作者的参考书。编委会还将尽力使之能有助于其他领域的专家在其原学科中去发展、开拓新的或跨学科的研究领域。

欢迎广大读者对本丛书提出批评和改进意见。

CCCS 丛书编委会

1989 年 3 月

序 言

伴随着信息化社会的到来，生产水平飞速发展，各企事业需要搜集、处理、存贮、传送和复制的信息量成倍增加。办公自动化和工厂自动化已成为发展非常迅速的领域之一，计算机局部区域网络是实现办公自动化和工厂自动化的重要工具。特别是自 70 年代开始，随着微电子学技术的发展，小型电子工作站和微型计算机系统相继出现，硬件价格迅速下降和各种功能的软件的提供，而使许多企事业和个人都争相购买与使用这些系统，使它们迅速普及。但无论从技术上和经济上考虑，每一台小型电子工作站或微型计算机系统，其硬件、软件和数据资源都不可能十分完备，要真正发挥其作用，必须寻找资源丰富的大型机作依靠或者联合起来形成一个整体，实现硬件、软件和数据资源的共享。

为了适应这种情况，对计算机网络的数据传送速率的要求愈来愈高。此外，为了满足信息化社会的需要，特别是办公自动化和工厂自动化的要求，除了要传送数据代码信息之外，还需要传送语音、传真和图象等信息。很明显，以双绞线和基带同轴电缆为传输媒质的基带计算机局域网无法满足上述要求。光纤和宽带同轴电缆是满足上述要求的两种传输媒质，因而以光缆和宽带同轴电缆为传输媒质的宽带计算机网络成为能接受信息化社会挑战的最有前途的技术。

目前由于价格和可靠性的原因，宽带计算机局域网多使用宽带同轴电缆，它建立在已趋于成熟的 CATV（共用天线电视）技术之上，能传送高速率的数据信号，同时还能传送语音信号、图象信号、容纳会议电视信号、广播电视信号和传送过程控制信

号。在选择传送数据信号的频带时，有意躲开了工业干扰频谱，因而使它的抗干扰能力较基带网高 25~35 dB。由于它是 CATV 为基础的新技术，价格不高，可靠性好，又具有良好的可维护性和可扩展性，所以，它不仅适用于一般的办公自动化和工厂自动化，而且最有希望成为重工业环境的计算机局域网。

目前关于宽带网的资料，散见于国内外许多关于信息技术方面的科技刊物上。本书根据作者们多年来搜集的国内外关于宽带计算机网络的资料 and 从事宽带计算机网络的科学研究、工程实践的经验，试图从理论上和实践上阐明这一新技术，由于是初步尝试，错误和不足之处在所难免，敬请读者予以指正。

全书共分九章。

第一章，绪论，由王光兴编写。第二章，数据通信理论基础，由王越先编写。第三章，计算机网络基础知识，由大明编写。第四章，宽带通信网的基本概念，由王光兴编写。第五章，宽带网构成部件，由张振川编写。第六章，宽带计算机网络的规划与设计，由王光兴编写。第七章，宽带计算机网络系统的安装调试，由郑全录编写。第八章，典型宽带计算机网络（又简称宽带网）介绍，由王光兴编写。第九章，网络的发展与 ISLN，由王光兴编写。

全书由王光兴主编。由王光兴、王越先对全书进行了校对。

在此向为本书出版给予热情支持和大量帮助的同志们表示衷心的感谢。

编 者

1988 年 4 月

《计算机、通信、自动控制、
系统工程(CCCS)丛书》

编 辑 委 员 会

名誉主任委员 李华天

主任委员 张嗣瀛

副主任委员 (以下按姓氏笔画为序)

杨自厚 姚天顺 顾兴源

编 委

王光兴 王金邦 仇振岳 朱家铿 何文兴

苏世权 李克洪 李宝泽 汪 林 周云凤

郑怀远 张宏勋 侯 军 徐心和 裴伟民

潘德惠 魏朋三

目 录

第一章 绪 论

- § 1.1 通信的由来与发展·····(1)
- § 1.2 计算机通信的发展概况·····(2)
- § 1.3 通信系统的模型·····(7)
- § 1.4 本书的组成和阅读方法·····(11)

第二章 数据通信理论基础

- § 2.1 信号及其分析·····(13)
- § 2.2 信道及其特性·····(26)
- § 2.3 通信方式·····(30)
- § 2.4 传输形式·····(32)
- § 2.5 模拟调制解调技术·····(47)
- § 2.6 数字调制解调技术·····(55)
- § 2.7 双二进制技术与 AM/PSK 调制····· (86)
- § 2.8 同步技术·····(96)
- § 2.9 多路复用技术····· (102)

第三章 计算机网络基础知识

- § 3.1 计算机网络引论····· (109)
- § 3.2 计算机网络的拓扑结构····· (114)
- § 3.3 数据信号转接的基本方式····· (117)
- § 3.4 网络的体系结构及 ISO/OSI 七层参考模式
····· (124)
- § 3.5 计算机网络中的流量控制····· (131)
- § 3.6 数据链路控制规程····· (145)
- § 3.7 局部区域网及 IEEE 802 局网标准····· (153)

第四章 宽带通信网的基本概念

§ 4.1	引 言	(174)
§ 4.2	宽带通信的概念	(175)
§ 4.3	有线电视技术	(176)
§ 4.4	宽带网的拓扑结构	(182)
§ 4.5	宽带通信网络系统的实现	(186)
§ 4.6	宽带计算机网络系统的体系结构	(196)
§ 4.7	与基带兼容宽带网的实现	(202)
§ 4.8	IEEE 802.3 对基带网宽带化的规定	(223)
§ 4.9	宽带网中的 CSMA/CA 技术与 无根树式宽带网	(230)

第五章 宽带网构成部件

§ 5.1	电 缆	(239)
§ 5.2	线路放大器	(245)
§ 5.3	分配器	(258)
§ 5.4	分支器	(271)
§ 5.5	射频调制解调器	(281)
§ 5.6	电 源	(286)
§ 5.7	其他宽带网络部件	(288)

第六章 宽带计算机网络的规划与设计

§ 6.1	引 言	(292)
§ 6.2	选择宽带局域网要考虑的主要问题	(293)
§ 6.3	网络设计开始需要考虑的问题	(296)
§ 6.4	宽带网络的系统物理结构设计	(298)
§ 6.5	系统的频率配置	(305)
§ 6.6	系统的信号电平	(313)
§ 6.7	噪声电平的计算	(325)

§ 6.8	放大器的选择	(332)
§ 6.9	系统的设计和性能计算	(334)
§ 6.10	系统头端的设计	(342)
§ 6.11	系统的可靠性和系统的冗余	(348)
§ 6.12	宽带计算机网络设计中的可用性考虑	(352)
§ 6.13	宽带网的计算机辅助设计	(361)
§ 6.14	宽带网规划和设计中的绘图标准	(369)
§ 6.15	宽带网络的规范	(371)

第七章 宽带计算机网络的安装与调试

§ 7.1	宽带计算机网络的安装	(374)
§ 7.2	宽带计算机网络系统的接地	(379)
§ 7.3	宽带计算机网络的调整	(382)

第八章 典型宽带计算机网络介绍

§ 8.1	IBM-PC 宽带网	(400)
§ 8.2	王安网 (WANGNET)	(406)
§ 8.3	ALAN 宽带计算机网络	(412)
§ 8.4	Local net 20/40 宽带计算机网络	(420)
§ 8.5	FERRANTI 宽带计算机网络	(425)
§ 8.6	一个适于企业管理和生产指挥的 宽带计算机网络——OFANET	(429)

第九章 网络的发展与 ISLN

§ 9.1	现代网络的体系结构	(437)
§ 9.2	智能网络体系结构原理	(440)
§ 9.3	综合业务数据网的体系结构	(441)
§ 9.4	综合业务局域网 (ISLN)	(449)

附 录 参考文献

第一章 绪 论

§1.1 通信的由来与发展

在人类的社会里，除物质材料的利用（如建筑房屋、炼铁、炼钢、制造工具等），能量的利用（如对火力、水力、风力资源，对电能、原子能的利用等）之外，还存在着一种脱离有形物质和能量利用的一种活动，这就是消息的收集、处理、存贮、传送、复制和利用。从古代的烽火台、旌旗，到现代的电报、电话、传真和电视，都属于这一范围。这一活动，即关于消息的利用，是随着人类活动范围的扩大和生产水平的提高而逐步发展的。远古时代，生产力十分低下，人们过着部落式的群居生活，其传递消息，即通信方式采用手势和语言；对消息的记忆采用图形或符号。随着生产力的发展，人类的活动范围扩大了，不仅需要近距离传递消息，而且需要远距离进行通信，又出现了烽火台、灯光、驿站和信使的通信方式，这些古老的通信方式一直延续到现在。人类在工业革命之后，活动范围扩大到整个世界，伴随着电技术的发展，现代通信——电通信出现了，可以说整个现代通信发展的历史都是和电技术的发展密不可分的。几乎没有一项电的发明，在通信上没有获得迅速的应用，1800年伏特发明了原电池，19世纪20年代奥斯特和安培发现了电磁机构，紧接着在1832年亨利和1837年莫尔斯演示了有线电报，宣布了有线通信的诞生。在1864年马克斯威尔开始总结科学家在电磁学上的发现，到1873年提出了马克斯威尔方程，预示了电磁能量的无线传播的可能性，紧接着赫芝在1880年证实了电磁波的存在，十年之后，意大利的马可尼和俄国的波波夫各自独立地发明

了无线电报，宣布无线通信的诞生。

当然通信技术的发展反过来又激励了电技术的发展，1876年贝尔取得了电话的专利权，这一技术导致滤波器的出现，又反过来促进了载波电话的发展和对频分复用的广泛研究。

特别是第二次世界大战期间及其以后，通信工程获得了惊人进展，出现了雷达，微波系统，广播电视和卫星通信。

由于冯·诺依曼所开创的计算机时代的到来和计算机技术的蓬勃发展，使通信技术进入了前所未有的兴旺时代，改变了过去只是人与人进行通信的一统天下，出现了人与机及机与机之间的通信。并使通信技术和计算机技术结合起来，产生了计算机通信技术。

§1.2 计算机通信的发展概况

从1946年世界上第一台电子数字计算机的诞生，到1969年世界上第一个大型计算机网络（ARPA）开始投入运行，计算机技术发生了惊人的变化。它使作为信息技术主体的通信技术和计算机技术相结合，形成了反映国家现代化水平和社会信息化水平重要标志的计算机网络技术。

60年代初期，计算机主要帮助人们进行科学计算和数据处理。人们以计算机为中心，为了解决科学计算或数据处理，必须携带程序和计算数据到放置计算机的计算中心，让计算机处理，然后计算机将处理结果再通过穿孔卡片和穿孔纸带等形式交给使用者。对那些远离计算中心的人们，为了上机进行计算，要由远地来到计算中心或通过邮递方式将程序和计算数据（以穿孔卡片或穿孔纸带形式）送到计算中心，让计算机完成计算任务。这样的处理方法不仅十分不便，而且速度很慢，不能满足科学技术迅速发展的需要。随着科学技术的进步，为了满足计算机高效率的要求，人们希望在远地设立具有输入和输出装置的终端，通过通信

线路和计算机相连，形成一个计算机系统，实现在远地终端直接输入信息，再经过通信线路把信息送入计算机进行处理，最后把处理结果再通过通信线路送回到远地终端。这种面向终端的联机系统（即计算机网络的雏形），初期采用点对点形式，通过专用线与远程终端进行连接。当线路数量增多且通信距离增加时，线路费用增加。后来发展了为多个终端共用一条线路，协同完成数值计算和信息处理等任务的联机系统。似乎缓解了这一矛盾，但为了能够在一条线路上有选择的连通某一终端，以及当多个终端同时要求使用主机时，解决它们的争用和排队问题，便需增加相应的硬件、软件和建立一整套进行通信的规则——协议。这些有关通信处理的问题，要由主机来处理，增加了主机的负担，降低了主机的工作效率。所以，在 60 年代初期，有人开始采用专用的小型计算机来处理这些问题，人们把它叫做前端处理机或通信处理机，对一些分片集聚的远程终端设置了多路器或集中器，以实现线路的共享。多路器是采用复用技术的多路开关，集中器则是起着与上述通信处理机类似作用的小型计算机。这样主机经过通信处理机可与多个集中器相连，集中器又可与其它的集中器或多路器相连，然后再与终端相连，构成了面向终端的多级树形联机系统。如图 1-1 所示。

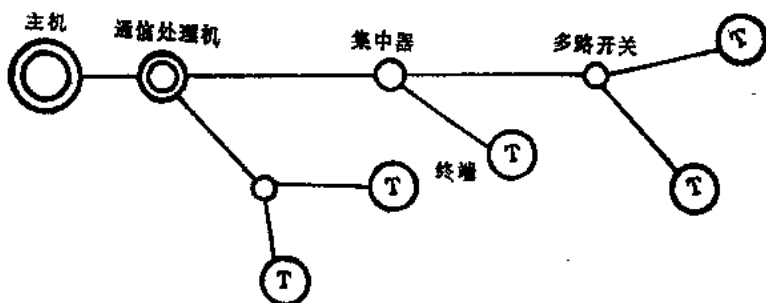


图 1-1 面向终端的计算机树形联机系统

这类系统很多，如美国 50 年代建立的半自动地面防空系统 (SAGE) 和 60 年代初建成的美国全国性航空公司飞机订票系统 (SABRE) 等。先进联机系统的发展为计算机网络的出现奠定了良好的基础。

联机系统只局限于把大型主机和处于不同地理位置的终端连接起来，以方便用户使用计算机。但随着科学技术的发展，计算机的数据量愈来愈多，每一台计算机都有自己的硬件、软件和数据资源，一方面它们使用效率彼此不同，特别是数据资源这一宝贵的财富，常常为某些计算机所独有，而广大的用户有时候又需要它们。另一方面尽管计算机技术发展的速度极快，但它还总是赶不上对计算机能力需求的增长，因而使人们打算用分布在不同地理位置上的数台计算机联合起来完成一台计算机不能承担的大型而复杂的任务，所有这一切都激励着科学工作者去探寻处于不同地理位置的计算机之间，共享硬件、软件和数据资源的可能性，当然这种共享绝不应损害每一计算机独立进行工作的能力。

美国国防部的高级研究局，在 1966 年为了筹建大型工程，首先开始了这方面探索，为了解决大型而复杂的问题，将处于不同地理位置的 4 台计算机通过通信线路连接起来进行了以共享资源为目的的计算机通信系统的效果测定实验。为了达到这一目的，科学家们对涉及这方面科学技术问题进行了数量惊人的探索。如：计算机与计算机的连接协议，不同类型计算机的互连，通信处理机的硬件与软件设计，网络的结构设计，网络可靠性，自适应的路由选择和流量控制，信息包和包交换的概念等等。终于在 1968 年宣布实验成功，1969 年开始正式运行。ARPA 网的正式运行宣布了把各自具备独立功能的计算机，以能够相互共享硬件、软件和数据资源为目的连接起来形成一个系统——计算机网络的诞生，接着 ARPA 网以惊人的速度进行扩展，从 1969 年的 4 台计算机连接为起点，到 1973 年发展到 15 个结点，到 1976 年已发展到连接 100 多台各种型号的大型计算机。现在

ARPA (已成为 DARPA) 网的结点遍及整个美国, 同时通过卫星线路已经和世界其他许多国家和地区的计算机网络互连形成一个巨网。ARPA 网直接间接的促进了大型计算机网络的研究和发展。

近十年来, 在一个企业, 团体, 学校和国家机关内各部门使用的计算机系统逐年增多, 一方面为了节省设备投资, 要求减少重复设置以提高设备的利用率, 另一方面为了加强各部门的相互联系, 建立统一的管理体制, 提出了将各部门单机连接起来, 实现资源共享和相互交换信息的要求, 它促进了局部区域计算机网络技术的研究和发展。最初主要研究和使用的大多是以双绞线和基带同轴电缆为传输媒质的基带局域网, 著名的 M 环形网和 Ethernet (以太网) 均属于这种类型的网络。

随着各企事业单位要收集、处理、存贮、传送的信息量大幅度增加, 迫切要求实现办公自动化和工厂自动化, 而计算机局部区域网络是实现办公自动化和工厂自动化的重要工具之一, 从而使它得到了广泛的研究。从本世纪 70 年代开始, 微电子学技术有了突破性进步, 超大规模集成电路的集成度愈来愈高, 微型电子计算机随之出现, 且功能愈来愈强, 在某些方面甚至可以和中小型计算机相比美。尤其是随着硬件价格的迅速下降和具有各种功能的微型机软件的出现, 许多企事业单位, 甚至个人都争相购进和使用这些微型计算机系统, 使它们迅速普及。但无论从技术上和经济上来考虑, 每一台微型机都不可能配备完整的硬件 (特别是昂贵的外部设备)、软件和数据资源。因而要微型机充分发挥作用, 必须寻找资源丰富的大型机做依靠或者联合起来形成一个整体, 实现硬件、软件和数据资源共享, 进行信息交换和共同担负某些任务。为了适应这种情况, 为了满足对计算机网络的数据传送率愈来愈高的要求, 采用光缆和宽带同轴电缆为传输媒质的宽带计算机网络是接受信息化社会挑战的最有前途的技术。图 1-2 为宽带计算机网络基本结构。

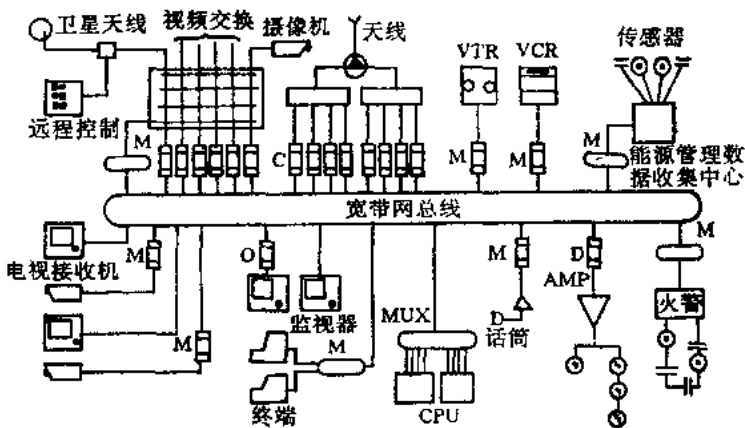


图 1-2 宽带计算机网络基本结构

M: 调制器 C: 通道处理器 D: 解调器 VTR, 视频磁带机
VCR: 录像机 MUX, 多路复用器 AMP: 放大器

目前由于价格和可靠性的原因, 宽带网多采用宽带同轴电缆做传输媒质。由图可见, 宽带网利用频分复用技术, 除能传送高速率的数据信号之外, 同时还能传送语言信号、图象信号、容纳会议电视信号、广播电视信号和传送过程控制信号等。宽带网在选择传送信号的频段时有意避开工业干扰的频谱, 其抗干扰能力远高于基带局域网, 且价格不高, 可靠性好, 具有良好的可维护性和可扩展性, 使它不仅适用于一般的办公自动化和工厂自动化, 而且最有希望成为重工业环境的计算机局部区域网。美国王安公司推出的 WangNet 和英国佛兰梯公司研制的 Ferronti 网络都属于典型的宽带网。我国自行设计、研制的 OFANET (办公和工厂自动化网络) 也是宽带计算机局域网络, 关于这几种网络在本书的第九章将有较详细的介绍。

近来, 国际上正在兴起一股研究综合业务数据网络 (ISDN) 和智能网络 (Intelligent Network) 的热潮, 每个人都不能忽略这一蓬勃发展的技术对我们工作和生活的影响。开始人们认为专用自动交换机 (PBX) 是 ISDN 发展的中枢纽点, 一时, 许多人认为

由于ISDN和人工智能网络发展将来会使PBX完全代替计算机局部区域网络(LAN)，但人们经过冷静的思考实践之后，发现PBX只可以做为LAN的一种补充，而绝不是LAN，特别是宽带LAN的理想替换物。故此人们开始把传统的PBX、LAN和分布处理技术合并，建立一种能提供处理和交换数据、提供宽带的LAN服务的综合数据、语音和图象传送和处理能力的办公室通信系统。美国的BNR公司已进行了这方面的研究工作，并已推出了系列产品，它将会把计算机局域网的研究推向一个新阶段。

§1.3 通信系统的模型

实际上，无论是哪一种通信系统，其目的都是把消息从一地即发送端，传送到另一地即接收端。因现代通信几乎是和电通信是同义词，故此本节叙述的主要是电通信系统，它可以用图1-3的形式加以概括。

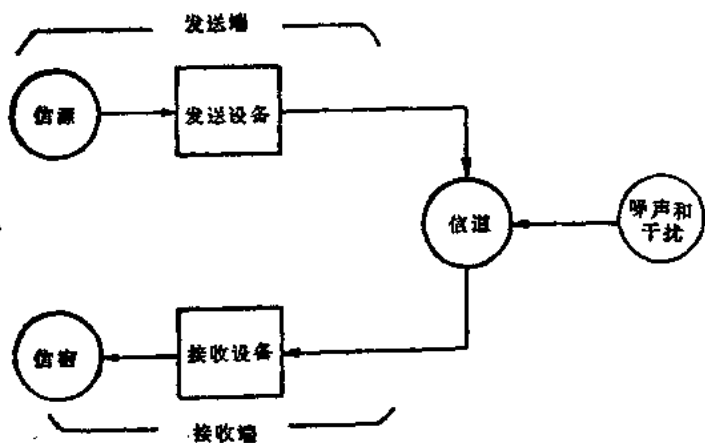


图 1-3 通信系统基本模型

图 1-3 中信息源的作用是把各种可能的消息转换成原始的电

信号，为了使这个原始电信号能在适合于信号传输的媒质——通常称为信道中进行传输，一般要由发送设备对原始信号进行某种变换，然后再送入信道。信号在信道中通常总要不可避免地受到来自构成信道物质内部的噪声和来自信道外部的自然界或人为的干扰。在接收端，接收设备的功能和发送设备的功能相反，它将采用各种办法力图排除噪声和干扰的影响将从信道中接收被噪声和干扰污染的已调制信号进行反变换、恢复出相应的原始信号，而受信者再将复原得到的原始信号转换成与发送端相对应的消息。很显然，图 1-3 是对所有通信系统的一种抽象，它概括地反映了通信系统的共性，人们常称其为通信系统模型。

通信系统有待传送的消息是多种多样的，它们有可能是数据代码、语音、图象等。但所有各种不同的消息，都可以把它们归结为两大类：一类称为模拟信息，一类称作离散信息。离散消息指的是信源消息的总状态数是可数的或离散型的。比如字母表中的字母的集合就是消息状态有限的离散消息。数据通常属于消息状态无限的离散消息源。而模拟消息，指的是消息状态是连续变化的，例如：强弱连续变化的语音和亮度连续变化的图象。如前所述，为了传递消息，先要把消息转换成电信号，而消息和电信号之间存在着——对应的关系。否则，在接收端就无法恢复出原来的消息，当然也就达不到通信的目的。通常消息被载于电信号的某一参量上，如果电信号的参量携带的是离散消息，则电信号的该参量一定是离散取值的，通常把这种信号称为数字信号；如果电信号参量携带的是模拟消息而连续取值，则称这样的信号为模拟信号。当然根据著名的采样定理，在信号携带的有用信息量不变的条件下，模拟信号和离散信号可以相互转换。通常按信道传输的是模拟信号还是数字信号，可以把通信系统分成两大类：模拟通信系统和数字通信系统。有的复杂的通信系统，可由若干子系统组成，它们有的可能是数字通信系统，有的可能是模拟通信系统。宽带计算机网络就是一个复杂的通信系统。它的计算机