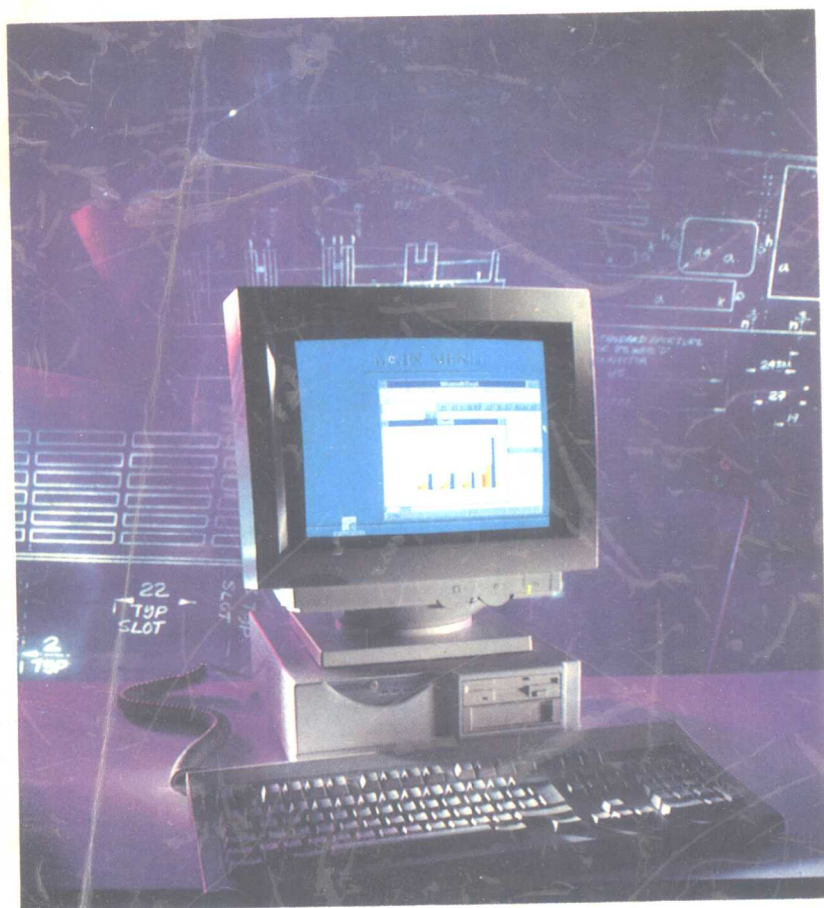


● 计算机基础教育系列教材 ●

# 计算机局域网 与 NOVELL 实用教程

陈志刚 王云宜 易正强 编著



中南工业大学出版社

〔湘〕新登字 010 号

计算机局域网与 NOVELL 实用教程

陈志刚 王云宜 易正强 编著

责任编辑: 谢贵良



中南工业大学出版社出版发行  
核工业中南二三〇研究所印刷厂印装  
新华书店总店北京发行所经销



开本: 787×1092 1/16 印张: 13.5 字数: 329 千字  
1994 年 11 月第 1 版 1995 年 3 月第 2 次印刷  
印数: 11001—18000



ISBN 7-81020-652-4/TP.031

定价: 11.00 元

---

本书如有印装质量问题, 请直接与生产厂家联系解决

## 内 容 提 要

本书叙述微型计算机局域网的网络类型、组网技术、通信协议和网络性能评价等方面的基本知识；详细地介绍了 NOVELL 网的拓扑、安装、软硬件环境的配置，以及有关文件服务器、工作站和打印服务器的管理；叙述了网络互连的有关原理和实现方法，并介绍了 NOVELL 网上常用的数据库系统（包括 ORACLE、Btrieve、FOXBASE）的使用方法和运用实例。

本书内容全面、可读性好、实用性强，适用于计算机管理、自动控制及相关专业本科和专科教材，也可供工程技术人员自学参考。

# 前言

随着微机的发展和普及,计算机局域网络异军突起,现在已遍布世界各地。早在 80 年代中期国外计算机界就已预言“90 年代微机使用的环境就是网络”,这个预言现在已被证实。计算机工作者和企业用户已不再满足于单机运行,要求将在地理上分散的计算机有机地结合在一起,达到相互通信、软硬件资源共享的目的。这就是网络系统。

计算机网络技术包括硬件、软件、网络体系结构和通信技术。计算机网络化是计算机进入到第四个时代的标志,几乎所有的计算机——从运算速度达几亿次的巨型机到能在膝上运行的笔记本式计算机都不得不考虑网络化的问题。在微型计算机普及的今天,网络平台是个人计算机使用环境的必然选择,一个国家(地区)微机的连网率反映该国家(地区)的微机使用水平,预计本世纪末,信息网络即可进入千家万户,使人们生活更加轻松、工作更加愉快、快速、有效而且方便。

计算机网络通常分为三大类:多机系统、局域网络和广域网络(远程网络)。以微型机为主组成的微机局域网络是当今计算机应用中的一个空前活跃的领域,它已经得到广泛的应用并继续受到优先的发展。从 60 年代开始萌芽的局域网经过 70 年代大发展,80 年代网络走向成熟化,而 90 年代则是技术更趋成熟、光纤开始发展、应用大量普及的阶段。

在众多的网络操作系统中由美国 NOVELL 公司开发的 NetWare 是当今世界占主导地位的局域网产品,几乎占国际网络市场的 60%。从 1988 年开始 NOVELL 网进入我国,现在已风靡全国网络市场,并且已被有关部门列为我国 90 年代的优选网络标准。

本书以微机局域网的基本知识为主要内容,以 NOVELL 网为产品代表,系统叙述微机局域网的有关概念和基本知识。全书由 10 章组成。第 1 章介绍计算机通信基础、微机局域网拓扑结构、网络操作系统、网络访问控制方式、网络组成等基本知识。第 2 章叙述实用组网技术和有关网络硬件以及网络体系结构,重点叙述了当前流行的三种网络类型。第 3 章至第 6 章以 NOVELL 网为

13-106 03

主,全面叙述 NOVELL 网的各个方面,包括网络 NetWare 性能、安装、文件服务器管理、工作站管理、打印服务器管理等主要内容和命令。第 7 章叙述 NOVELL 网上的数据库系统,包括 ORACLE、FOXBASE 和 Btrieve。第 8、9 章叙述局域网的通信协议、网络互连、网际协议等内容。第 10 章介绍网络性能评价。

本书按照“保证基础、精选内容、从浅入深、以利教学”的原则编写。全书叙述最基础的内容和操作,目的是使初学者尽快掌握微机局域网的基本概念、组网知识和基本工程技术。

全书由中南工业大学陈志刚、王云宜共同主编并审校,其中第 1、2 章由王云宜编写;第 3、4、5、6、7、9 章由陈志刚编写;第 8、10 章由易正强编写;韩响玲老师编写了第 9 章第 3 节。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中缺点错误必定不少,恳请广大读者批评指正。

编 者

1994 年 10 月

# 目 录

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| <b>第 1 章 计算机网络基础</b> .....              | (1)   |
| § 1.1 计算机局域网概述 .....                    | (1)   |
| § 1.2 数据通信基础 .....                      | (7)   |
| § 1.3 微机局域网拓扑结构.....                    | (15)  |
| § 1.4 微机局域网的组成.....                     | (17)  |
| § 1.5 微机局域网的访问控制方式.....                 | (22)  |
| § 1.6 网络协议与网络操作系统.....                  | (25)  |
| <b>第 2 章 微机局域网络实现技术</b> .....           | (33)  |
| § 2.1 微机局域网的硬件体系结构.....                 | (33)  |
| § 2.2 微机局域网的网间联接.....                   | (41)  |
| § 2.3 Client/Server(客户机/服务器)系统结构 .....  | (46)  |
| <b>第 3 章 NOVELL 局域网络</b> .....          | (53)  |
| § 3.1 NOVELL 网概述 .....                  | (53)  |
| § 3.2 NOVELL 网硬件体系结构 .....              | (55)  |
| § 3.3 NOVELL NetWare 网络操作系统的结构与性能 ..... | (60)  |
| <b>第 4 章 NetWare 386 的安装</b> .....      | (69)  |
| § 4.1 文件服务器的安装.....                     | (69)  |
| § 4.2 工作站的安装.....                       | (77)  |
| § 4.3 NetWare 网桥的安装 .....               | (82)  |
| <b>第 5 章 文件服务器管理</b> .....              | (84)  |
| § 5.1 文件目录结构.....                       | (84)  |
| § 5.2 控制台命令.....                        | (85)  |
| § 5.3 可装入模块(NLMs) .....                 | (88)  |
| § 5.4 文件共享安全保密和可靠性措施.....               | (93)  |
| <b>第 6 章 工作站管理和打印服务管理</b> .....         | (99)  |
| § 6.1 工作站的上网、注销和建立口令 .....              | (99)  |
| § 6.2 用户管理程序 SYSCON .....               | (100) |
| § 6.3 文件目录管理程序 FILER .....              | (104) |
| § 6.4 远程控制台 .....                       | (106) |

|                                             |              |
|---------------------------------------------|--------------|
| § 6.5 网络驱动器管理 .....                         | (109)        |
| § 6.6 打印服务器管理 .....                         | (113)        |
| <b>第 7 章 NOVELL 网上的数据库系统 .....</b>          | <b>(120)</b> |
| § 7.1 NetWare 的数据库 .....                    | (120)        |
| § 7.2 ORACLE for NetWare .....              | (123)        |
| § 7.3 FOXBASE 与 FOXPRO 在 NOVELL 网上的使用 ..... | (136)        |
| <b>第 8 章 网络通信协议 .....</b>                   | <b>(142)</b> |
| § 8.1 物理层 .....                             | (142)        |
| § 8.2 数据链路层 .....                           | (148)        |
| § 8.3 网络层 .....                             | (154)        |
| § 8.4 传送层及高层协议 .....                        | (161)        |
| § 8.5 局域网存取控制方法及协议标准 .....                  | (170)        |
| <b>第 9 章 NOVELL 网的网间互连 .....</b>            | <b>(183)</b> |
| § 9.1 网络互连基础 .....                          | (183)        |
| § 9.2 网间通信 .....                            | (187)        |
| § 9.3 NOVELL 网的开放互连 .....                   | (192)        |
| <b>第 10 章 局域网性能评价 .....</b>                 | <b>(198)</b> |
| § 10.1 基本概念 .....                           | (198)        |
| § 10.2 总线网性能分析评价 .....                      | (201)        |
| § 10.3 令牌传送性能分析 .....                       | (203)        |
| § 10.4 LAN 性能的比较 .....                      | (205)        |

# 第1章 计算机网络基础

将分散的计算机、终端、外围设备通过通信媒体互相连接在一起，能够实现互相通信的整个系统，或者说通过通信媒体互连起来的自治的计算机集合体，叫做计算机网络。其目的是通过数据通信，实现系统资源（包括硬件资源、软件资源、数据资源）的共享；增加单机功能，提高系统的可靠性。所谓“自治的计算机”（又称自主计算机）是指能自主地完成启动、停止和对所属资源进行控制的计算机。这种自主计算机通称为主机（Host）。

计算机网络通常分为三大类：多机系统、局部地区网络 LAN (Local Area Network) 和 广域网络 WAN (Wide Area Network)。广域网也叫远程网，一般跨城市、地区、国家，甚至全世界联网。这种网络出于军事、国防和科学研究的需要，发展较早，例如美国国防部的 ARPA 网络，1971 年在全美推广使用并已延伸到世界各地，是世界上最大型的广域网之一。

局域网一般在十公里以内，属于一个部门或单位组建的小范围网，它是在小型计算机和微型计算机大量推广使用之后才逐步发展起来的，其成本低、应用广、组网方便，使用灵活，深受用户欢迎，是目前计算机网络发展中最活跃的分支。

随着局域网使用所带来的好处，人们逐渐要求扩大局部网络的范围，或者要求将已经使用的局域网互相连接起来，使其成为一个规模较大的大城市地区网络，它是在局部网络基础上增加了多个局域网互连功能，这种要求促进了网络互连技术的发展，将自身溶于广域网之中。

## § 1.1 计算机局域网概述

计算机网络大体上由两部分组成，一是数据通讯系统（通讯子网），二是数据处理系统（资源子网）。通讯子网中的数据传输介质（双绞线、同轴电缆、光导纤维）经过通讯接口装置与资源子网中的各种计算机、智能终端、工作站、磁盘存储器、工业控制监控设备相连。通讯接口装置处于连接的“结点”位置。在大型网络中，通讯接口装置可能是一个计算机（有时称为结点计算机、通讯控制器等）。在微机局域网中，通讯处理功能都固化在一块称为网络适配器 LNA (Local Network Adapter) 单独的印刷电路板（网卡）上。通讯子网负担全网数据传输、通信处理工作；资源子网代表着网络的数据处理资源和数据存储资源，负责全网数据处理和向网络用户提供网络资源和网络服务。

### 1.1.1 局域网的特点和功能

局域网的最主要特征是短距离工作，因而具有以下特点：

(1) 较高的通信速率。远程网距离远，信息传输较慢，一般为每秒数千比特（K bps）的数量级。而局域网通信传输率常为每秒百万比特（M bps）的数量级。

(2) 较好的通信质量，传输误码率低。位错率通常为  $10^{-7} \sim 10^{-12}$ （即每传送  $10^7 \sim 10^{12}$  bit 可能错 1 bit）。

(3) 支持多种通信介质。局域网中根据本身的性能要求,既可利用现有通信线路(如电话线),又可架设专门的通信线路(如电缆、光缆、双绞线等)。

(4) 局域网络通常属于某一个机关、工厂、企业所有,不受公共网络当局的约束,易于增强网络的功能,成本低,建网周期短,见效快。

(5) 支持简单的点对点通信或多点通信,允许低速和高速的外部设备或不同型号的计算机接到网络中,网络资源的作用发挥充分,组网灵活。

局域网最主要的功能是提供资源共享和相互通信,具体的说提供以下服务功能:

(1) 资源共享。网络的核心目的是实现资源共享,它包括共享的硬件、软件、数据资源。例如大的计算机中心,昂贵的外部设备如高速打印机、超大容量硬盘存贮器、绘图设备,公用数据库,各种应用软件、软件工具等。在大量微机进入办公室的环境下,不必要每台微机都配备功能齐全的外部设备,局域网最能满足这样的需要。网络的引入使整个系统的数据处理平均费用大为下降。应该指出:共享数据库系统是当今重要的课题之一。目前的数据库系统多为集中式数据库系统,分布式数据库系统还是一个正在研究中的课题,本书第9章将进一步叙述网络数据库的有关问题。

(2) 数据传送。数据和文件的传输是计算机局域网中最基本的功能。用以实现各网络计算机用户或终端的相互联系。利用这一功能,地理位置分散的生产单位、部门可通过计算机网络连接起来,进行集中的控制和管理。现代局域网不仅能传送文件、数据信息,还可以同时传送声音和图像,这一功能对实现办公自动化有着特别重要的作用。

(3) 电子邮件。它是数据传送的一个特例。局域网各站点之间,可以提供电子邮递服务,某网络用户从终端打入的信件可以传送给他所指定的一个或多个其他网络用户。收信人可以打开他的“邮箱”,阅读和处理收到的信件,并可用同样的方法写回信发送出去。电子邮件不仅节省纸张,更重要是快捷。电子邮件已发展到电子报纸、电子邮购等方面的应用范围,大多数局域网都提供了电子邮递的服务。

(4) 提高了计算机系统的可靠性和可用性。网络上的计算机通过网络可以彼此互为后备机,一旦某台计算机出故障,故障机的任务就可由其它计算机代为处理,避免了单机系统的无后备时可能出现的因故障导致系统瘫痪现象,大大提高了系统的可靠性,这在重要的工业过程控制、实时数据处理等应用中是非常重要的。

提高计算机的可用性是指当网络中某台计算机负担过重时,网络可将新的任务转交给较空闲的计算机完成,均衡网络内各台计算机的负担,提高了可用性。

(5) 易于进行分布式处理。利用网络技术能将多台计算机连成具有高性能的计算机系统,将较大型的综合性问题通过一定算法将任务交给不同的计算机完成以解决大量复杂问题,即所谓分布式系统。它使整个系统的效能大为加强。

### 1.1.2 局域网的分类及发展历程

通常可以从三个不同角度对局部网络进行分类:

#### 1. 按数据传输速率高低分

(1) 局域网 LAN:即是人们常说的局部地区网络。可以说微型计算机的发展是局域网迅速发展的基础。连接在局域网上的计算机不一定是微型计算机,但局域网迅速发展的背景却是微型机,如果组成局域网的计算机都是微型计算机,则称这种 LAN 为微型机局域网,这是本书讲叙的重点。

(2) 高速局部网络，简称为 HSLN (High-Speed Local Network)。它的目的是为昂贵、高速的计算机设备（如主框架计算机和海量存贮器等）提供更高速的信息交换能力，美国国家标准协会规定高速局部网络的数据传输率大于 50M bps。一般说来这种网络的跨接距离和连接设备的数量是很有限的，例如仅在计算机房内，将多台小型机和超级微机相连。

(3) PBX 局域网。PBX 指专用小交换机 (Private Branch Exchange)，即电话交换机。PBX 连同它管理下的电话机等构成一个局部网络，称为 PBX 局域网（也称计算机化用户交换网）。

事实上 PBX 已存在大约一百年了，其发展已经历了三代：第一代 PBX 最初是手工交换台，由接线员人工接通开关来实现转接，后来发展为半自动的（内线出外线可自动进行，外线进内线由接线员转接）和全自动的。这种第一代自动电话交换系统采用模拟信号技术，其转接技术采用的是机电技术。第二代 PBX 叫数字 PBX 或计算机化交换机 CBX (Computerized Branch Exchange)，它采用电子技术取代机电技术来实现电路转换，传输信号是数字信号。第三代 PBX 系统称为综合业务数字网，简称 ISDN (Integrated Services Digital Network)。这种系统是近年才出现的，其主要特点是：采用数字式电话机、分布式结构和非堵塞性结构。这种系统又称“语言/数字综合系统”，它完成电路交换数字业务。

三种局部网络主要性能见表 1.1。

表 1.1 三种局部网络的主要性能

| 网络类型   | 高速局部网                 | 局域网           | PBX 局域网      |
|--------|-----------------------|---------------|--------------|
| 数据传输率  | $\geq 50\text{M bps}$ | 1~20M bps     | 9.6~200K bps |
| 通信媒体   | CATV 同轴电缆、光导纤维        | 双扭线、同轴电缆、光导纤维 | 双扭线          |
| 交换技术   | 包交换                   | 包交换           | 电路或数字交换      |
| 最大传输距离 | 1 km                  | 25 km         |              |
| 拓扑结构   | 总线                    | 总线、星形、环形      | 星形或多级星形      |
| 可支持设备数 | 几十台                   | 几百台           | 几千门          |

## 2. 按拓扑结构分类

一个通信子网可以抽象为一个几何图形，这个几何图形称为网络拓扑。局部网络的拓扑结构比较规则，依据拓扑结构的差异，局部网络可分为总线形、树形、星形和环形等（图 1.1）。详细内容参见 § 1.4 节。

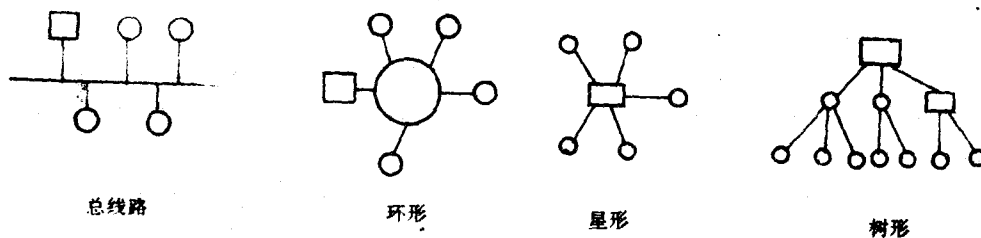


图 1.1 网络拓扑

## 3. 按传输的信号分类

按照传输媒体上所传输信号方式的不同可把局部网络分成基带网和宽带网。基带网传输没有经过改变的 0、1 脉冲数字信号，宽带网传输模拟信号（指的是经过调制的脉冲数字信号）。

数字信号的特点是频谱较宽。因此在基带网中通信媒体的通信频带全部被一路信号占用。即只能有一个信道。同时由于通信媒体上的分布参数（电阻、电容、电感）对高频成分的衰减比低频成分大，因此随着传输距离的增大传输信号会发生严重畸变。可以说，基带网中如果没有特殊的措施（如加接放大、整形的中继器），信号的传输距离一般不超过 1 公里。

与数字信号相比，模拟信号频带宽度可压缩在几千赫以内，因而可在通信中采用频分多路复用技术（FDM），将多个基带信号调制在不同的频率范围区间，在宽带电缆中同时传送，使单一的通信传输媒体可同时传输多路信道，同时其传输距离也可提高到 10 公里以上。所以在宽带网中一般须有调制/解调设备。

应该指出局域网目前绝大多数均采用基带传输方式。

从局域网的发展来看，大致可分为四个阶段：

第一阶段是 60 年代末至 70 年代初，是局域网的萌芽阶段。1969 年由美国国防部出资研制的连着四台计算机的实验性网络——ARPA 网投入运行。它的出现为计算机局部网络的形成和发展，在理论上和技术上奠定了基础。

第二阶段是 70 年代中期，这是局部网络的发展阶段。其主要特点是局部网络由实验室进入产业界。这个时期最具影响力的是以太网（Ethernet）的出现，这是计算机局部网络发展史上的一个里程碑。它一出现便引起了人们的极大兴趣和高度重视，许多厂家纷纷效尤，开发出了各种各样的局域网，这样一来，局域网便迅速成为了一种工业体系。以太网仍是当今使用最多的网络。

第三阶段是 80 年代时期，这是局域网的大发展时期，也是局域网的成熟年代，其主要特点是局域网已商品化和标准化，每个计算机公司都有自己的局域网产品，专门生产和销售局域网的公司也相继出现，如 Novell 公司、3COM 公司、Orchid 公司、IBM 公司等，它们的代表产品为 NetWare、以太系列软件 EtherSeries、3 网、PCnet、令牌环形网（Token Ring）、ARCnet 等等。

这一时期，不仅局域网的硬件和软件技术得到了充分发展，而且各种局域网的国际标准基本形成，1980 年 2 月制定的 IEEE 802.1~802.7 标准已被国际标准化组织（ISO）正式确定为局域网的国际标准。而当前最为普遍接受的网络类型是以太网、令牌环网、ARCnet 网络。

第四阶段是从 90 年代开始的。局域网将更加成熟，它将进一步促进全球计算机网络时代的到来，新型传输介质如以光导纤维电缆为基础的 FDDI（Fiber Distributed Data Interface）技术已开始使用，使局域网介质传输速率达到 100M bps，传统的无屏蔽双绞线传输速率可达 10M bps，并正研究传输速率高达 100M bps 的双绞线传输技术。此外，局域网上的分布式管理系统取得了极大的进展，一种称为 Client/Server（客户机/服务器）结构的出现并得到极广泛的使用，使微机局域网的分布式处理逐步走向实用和成熟。

就象微机系统的运行必须有操作系统的支持一样，网络也需要有网络操作系统的支持。目前网络操作系统有三大阵营：NOVELL 网络操作系统、UNIX 网络操作系统，Microsoft 网络操作系统。NOVELL 网络操作系统 NetWare 是目前世界局域网市场中占主导地位的网络操作系统；UNIX 网络操作系统有着悠久的历史，是首先实现了真 32 位功能的操作系统，适合于互用性混合环境，它向上提供与 MVS 和 VMS 的连接，向下提供与 DOS、Windows 和 OS/2 的连

接,它支持平衡多处理,适合于 RISC 系统和多 CPU 系统;Microsoft 网络操作系统有代表性的是 Windows NT,其功能不仅包括了局域网而且包括了大型网络,是一种新起的 32 位操作系统,它有完善的页面存储管理和数据安全保护机制,并且表示今后将支持 RISC 系统和主机系统。它最大的一个特点是既可作为客户机也可作为服务器的操作系统平台,但它首先是作为客户机的操作系统平台提供的。

微机局域网技术主要包括:传输介质、拓扑结构、访问控制方式三大方面,如下图所示:

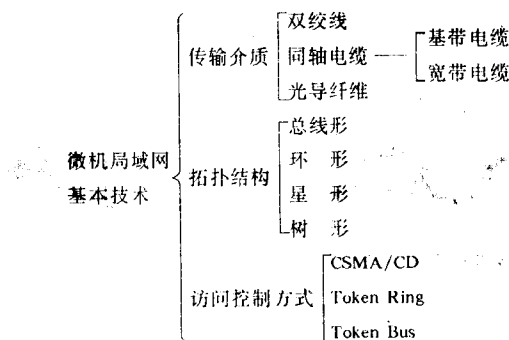


图 1.2

### 1.1.3 局域网中的传输介质

#### 1. 双绞线

双绞线又称双绞线,它是一种最简单、经济的传输媒质,双绞线是将两条绝缘的金属导线并排放在一起,然后用规则的方法绞起来而构成的,一对线作为一条通信链路。通常还把若干对双绞线对,捆成一条电缆并以坚韧的护套包裹,每对双绞线合并作一根通信线使用,以减小各对线之间的电磁干扰(图 1.3)。

双绞线既可用于传输模拟信号,也可用于传输数字信号,短距离传输,特别是点到点的通信。一般说来,在传输模拟信号时大约每隔 5~6 公里,需要加一个放大器;在传输数字信号时,每隔 2~3 公里需加一个中继器。人们习惯上总是认为双绞线的数据传输率低,一般只有几个 M bps。其实不然,随着技术的发展,双绞线已不再是低速传输介质,当前被广泛采用的 10 BASE-T 以太网所采用的双绞线传输速率为 10M bps,令牌网中的双绞线传输速率为 4M bps 或 16M bps。应该注意,目前我国采用的电话线大都不是双绞线,是平行线。所以不可能有很高的传输速率。在组建 10 BASE-T 以太网、ARCnet 或令牌网时应采用专用双绞线。

双绞线的主要特点是单位长度的价格最低。主要缺点是抗高频干扰能力较低。

#### 2. 同轴电缆

尽管使用双绞线的网络有价格优势,使用量不断增加,但是目前局域网中最普遍采用的传输媒质仍然是同轴电缆。

同轴电缆由内外两个导体组成,内导体是一根芯线,外导体是一系列以内导体为轴的金属细丝组成的圆柱编织面,内外导体之间由填充物支持以保持同轴。

同轴电缆分为基带与宽带两种,微机局域网中使用的同轴电缆有三种:公用天线电视 CATV (Community Antenna TeleVision) 系统标准的 75Ω 同轴电缆、50Ω 同轴电缆和 93Ω 同轴电缆。75Ω 同轴电缆又叫宽带同轴电缆,常用于传输频分多路复用 FDM 方式产生的模拟信号(称为宽带信号),当然也适用于直接传输数字信号,传送速率通常为 1~40M bps。50Ω 同轴电

缆只适用于直接传输数字信号(即所谓基带信号),又称基带电缆。电缆又分为粗缆和细缆两种。粗缆抗干扰性能好,传输距离远;细缆便宜,传输距离较近。传输速率通常为10M bps, 93Ω 电缆是 ARCnet 网络结构中的同轴电缆,通常也只用于基带传输,传输速率为2~20M bps。

### 3. 光导纤维

光导纤维(Optical Fiber)也称光学纤维或光纤,是一种能够传导光线的、极细而又柔软的通信媒质。光导纤维的横截面为圆形,分纤芯(又称芯子)和包层两部分(图 1.3)。一根或多根光导纤维组合在一起形成光缆,光缆还包括一层能吸收光线的外壳。

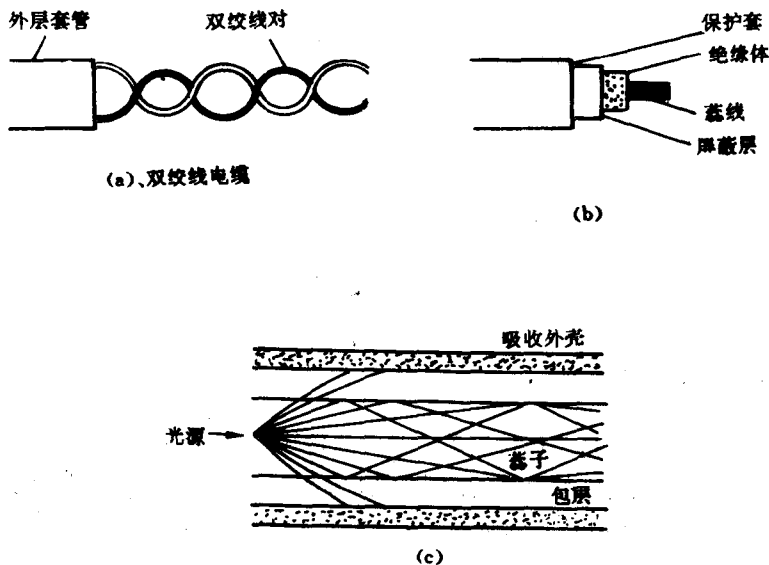


图 1.3 常用的三种传输媒质结构图

当光线从高折射率的媒质射向低折射率的媒质时,光线会反射回高折射率的媒质。光导纤维就是利用这一原理传送信息的。包层材料的折射率低,芯子的折射率高,因而只要光线的入射角足够大,光线碰到外层时会折射回芯子。显然,光缆本身只能传输光信号。使用它传输电信号时,必须在传输前用发光元件把电信号转化成光信号;光线(信号)在光缆中不断反射并向前传播;到达目的地后,用检测元件把光信号转换为电信号。

光导纤维的优点是:频带极宽、传输容量比电缆大10至10000倍、传输速率极高,误码率小、传输距离远(目前不需要转发器可传送6~8公里)、抗干扰性能最好、数据保密性最高,损耗和误码率低、传输速率为10~1000M bps。其缺点是:光纤衔接困难,光纤分支困难且分支时信号能量损失很大、价格最贵、牢度低于金属线等,主要作点对点连接。

目前光纤在局部网中的应用还处于初级阶段,但由于其突出的优点,随着光纤技术的迅速发展,可以预料不久光纤局域网的产品就会问世。实际上,FDDI标准光纤网已经使用不鲜了。

各种通信媒质的性能比较见表 1.2。

表 1.2 通信媒质性能比较

| 通信媒质     | 信号技术   | 最大传输速率<br>(M bps) | 最大传输速率时的<br>最大传输距离 (km) | 可接设备数<br>(个) | 抗干<br>扰性 | 价格 |
|----------|--------|-------------------|-------------------------|--------------|----------|----|
| 双绞线      | 数字     | 1~10              | 几                       | 几十           | 差        | 低  |
| 50Ω 同轴电缆 | 数字     | 20                | 几                       | 几百           | 好        | 较低 |
| 75Ω 同轴电缆 | 数字     | 50                | 1                       | 几十           | 好        | 中  |
|          | FDM 模拟 | 20                | 几十                      | 几千           |          |    |
|          | 单信道模拟  | 50                | 1                       | 几十           |          |    |
| 光导纤维     | 模拟     | 10                | 8                       | 几十           | 最好       | 较高 |

## § 1.2 数据通信基础

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物，网络中主要应用的是数据通信，采用什么样的通信技术是必须考虑的重要问题。

### 1.2.1 信道、码元、数据通信技术系统主要技术指标

#### 1. 信道

传输信息的必经之路称为“信道”，在计算机网络中有所谓的物理信道和逻辑信道之分。物理信道是指用来传送信号或数据的物理通路，网络中两个结点之间的物理通路称为通信链路，物理信道由传输介质及有关设备组成。逻辑信道也是一种通路，但在信号收、发点之间并不存在一条物理上的传输介质、而是在物理信道基础上，由结点内部的连结来实现。通常把逻辑信道称为“连接”。

物理信道有多种不同的分类。按传输介质不同可分为有线信道、无线信道、卫星信道；如按信道传输信号类型不同可分为模拟信道和数字信道。用来传输正弦波模拟量的信道称为模拟信道，能直接传输二进制脉冲电信号的信道称为数字信道。如果要在模拟信道上传输计算机直接输出的二进制脉冲信号时，就要在信道两边分别安装调制解调器，用脉冲信号对高频正弦波信号进行调制及解调。

#### 2. 码元

码元是对网络中传送的二进制数字中的每一位的通称，例如：二进制数字 1010011 是由 7 个码元组成的序列，通常称为“码字”，在 7 位 ASCII 码中，这个码字就是字符 S。

#### 3. 数据通信系统主要技术指标

(1) 数据传输速率：是指传输线上传输信息的速度，数据传输的速率有两种表示方法，即信号速率和调制速率。

① 信号速率 S：单位时间内所传送信号二进制代码的有效位 (bit) 数，单位用每秒比特数 bit/s (bps) 或每秒千比特数表示。

② 调制速率 B：也称码元速率，是脉冲信号经过调制后的传输速率，或者说是信号在调制过程中信号状态变化的次数，单位以波特 (Baud) 为单位。通常用于表示调制解调器之间传输信号的速率。

两种速率之间有下列关系：

$$S = B * \log_2 n$$

其中 n 为一个脉冲信号所表示的有效状态。在二元制方式即二进制中，一个脉冲有、无

表示 0、1 两个状态，即  $n=2$ ，故  $S=B$ ，即数据传输速率  $S$  和信号传输速率  $B$  是一样的，否则就不一样。

(2) 误码率：指信息传输的错误率，是衡量传输系统可靠性的指标，误码率以接收码元中错误码元数占传输总码元数的比例来衡量，通常应低于  $10^{-6}$ 。

(3) 信道容量：指信道能传输信息的最大能力，一般用单位时间内最大可传送信息的比特数表示。信道容量与信道通频带、可用时间及能通过的信号功率与干扰功率比值有关。实际应用中信道容量应大于传输速率，否则高的传输速率得不到充分发挥利用。

### 1.2.2 基带传输和宽带传输

数据按照在传输线上是否经过了调制变形处理再进行传输的方式，分为基带传输和宽带传输两类，宽带传输属于频带传输范畴。

#### 1. 基带传输

在通信电缆上原封不动地传输由计算机或终端产生的“0”、“1”数字脉冲信号，就是基带传输。一个脉冲信号的基本频带可从直流成分到数兆赫，频带较宽，传输线路的电容、电感对传输信号波形衰减影响较大，传输距离一般不超过 2 公里，超过时则需增加放大整形电路（中继器）延长传输距离。

基带传输对二进制数字信号进行编码有三种方法：

(1) 不归零编码 NRZ (Non-Return to Zero)：用负电压代表“0”，正电压代表“1”（图 1.4a）。低电平为 0 伏，高电平为 5 伏，是 TTL 电平，有可以在通信线上原封不动地传输微型机信号的优点。

(2) 曼彻斯特 (Manchester) 编码：此编码在每个二进位中间 (0.5 周期时) 都有跳变，由高电平跳到低电平时代表“0”，由低电平跳到高电平时代表“1”。该跳变可作为本地时钟（图 1.4b），也供系统保持同步之用。

(3) 微分曼彻斯特编码：也叫差分曼彻斯特编码，这是对曼彻斯特编码的改进编码，其特点是二进制取值由每位开始的边界是否存在而定，一位的开始边界跳变代表“0”，无跳变代表“1”。

两种曼彻斯特编码的最大优点是信号内部均包含时钟，不含直流成分。只要有信号，在线路上就存在电平跳变，易于被检测。缺点是编码效率较低，它们是局域网中常用的编码方式。

基带传输简单，设备费用较少，适于传输距离不长的场合。

#### 2. 宽带传输

宽带传输系统中，传输介质的带宽（即允许传输信息的频带宽度）较宽，一般在 300~400MHz 左右，系统设计时将此频带分割成几个子频带，即将一条宽带信道划分成为多条基带信道，使用“多路复用技术”在一个信道中同时传播声音、图象和数据多种信息，使系统具有多种用途。

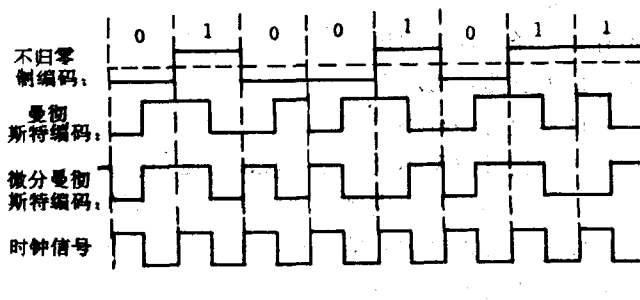


图 1.4 信道数字信号编码

多路复用技术是将多个信号，通过调制技术调制到各自不同的正弦载波频率上，在各自的频段范围内进行传输。通常由调制解调器完成，调制的方式有三种：振幅调制、频率调制、相位调制，其调制情况如图 1.5 所示。

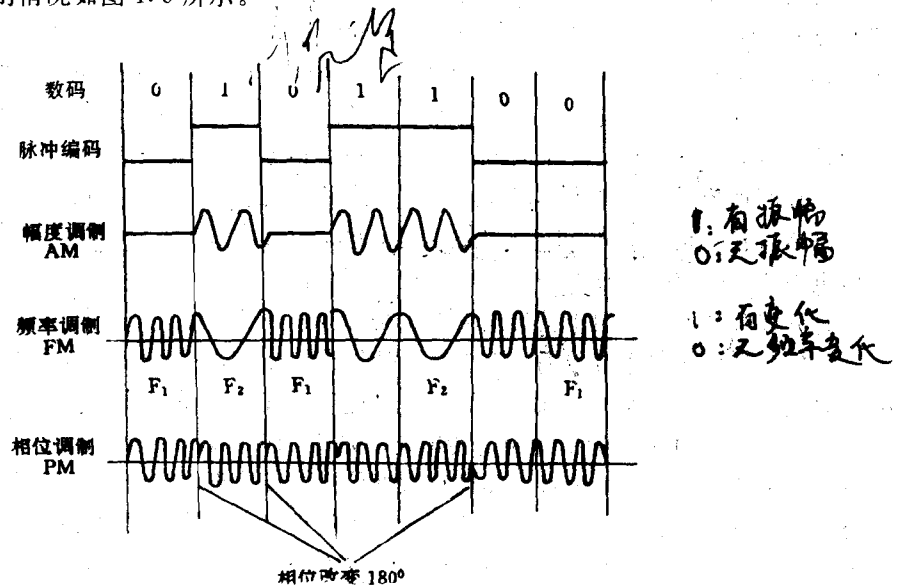


图 1.5 三种调制方式示意图

常用的多路复用技术有两种：

(1) 频分多路复用 FDM (Frequency Division Multiplexing)；在发送端把被传送的各路信号的频率分割开，使不同信号分别调制到不同的中心频率（段），如图 1.5 是 6 个信号频率分割的原理示意图，6 路带宽可以不同，分别传输数据、语音、图像等信息，将它们分配到 6 个不同的频率段  $f_1$  至  $f_6$  中，在发送时分别调制到各自频段的中心载波上，然后在各自的信道中传送至接收端后，由解调器恢复成原来的波形。为防止干扰，各信道带宽之间由保护频带隔离开，保护频带是频谱中不使用的部分。

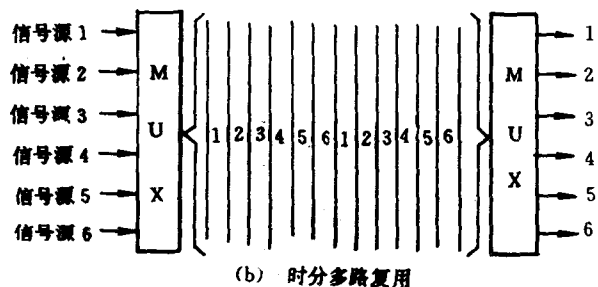
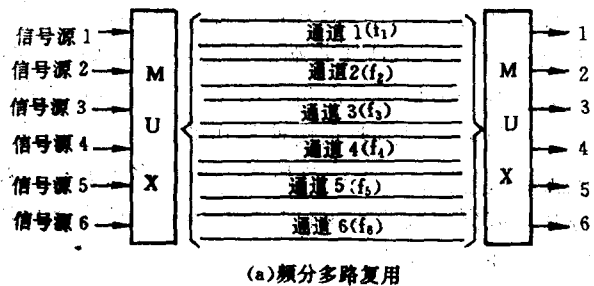


图 1.6 多路复用

载波电话通信系统是频分多路复用技术的典型例子，一般传输每一路电话只需 4 千赫以下，而电缆、明线、微波等信道允许的频带宽度远远大于 4KHz，采用频分多路技术使同时通话路数大为增加。而光缆的采用，则更增加了通信链路的频带宽度，可同时传输上千路电话和数十路电视

信号也是基于应用这种技术的结果。FDM 用于宽带局域网络。

(2) 时分多路复用 TDM (Time Division Multiplexing): TDM 是利用了传输介质的位传输速度 (有时非正规地称为带宽) 大大超过每路数字信号的数据速率的特点, 将传输信号的时间进行分割, 即将整个传输时间划分为许多时间间隔 (时间片), 多路输入信号在不同的时间片内分别传送 (图 1.6b), 假定多用复用器有 6 个输入, 每个输入要求 9.6K bps 的传输速率, 则一条容量为 57.6K bps 线路可以满足传送 6 路信号的要求。专用于某个信号源的时间片序列称为该信道的逻辑信道, 一个时间片周期 (每个信号源一个) 称为一帧。

比较两种多路复用技术不难看出: 频分多路复用是在同一时刻能同时存在并传送多路信号, 每路信号的频带不同; 时分多路复用则每一时间内只有一路信号存在, 多路信号分时地在信道内传送, 前者按频率分割, 后者按时间分割。

时分多路技术通常用于基带局域网, 是计算机通信网分时系统的基础。

比较基带传输和宽带传输, 二者区别在于数据传输速率不同, 基带传输速率为 0~10M bps, 典型的为 0~2.5M bps, 通常用于传输数字信息; 而宽带传输是传输模拟信号, 数据传输速率范围 0~100M bps, 通常使用的传输速率是 5~10M bps。由于一个宽带信道能被划分为多个逻辑基带信道, 就能把声音、图像和数据信息的传输集中在一个物理信道中进行, 以满足办公自动化系统中电话会议、图像传真、电子邮件、事务数据处理等服务的需要。宽带传输一定是采用频带传输技术, 但频带传输不一定是宽带传输。宽带传输的距离比基带远, 可靠性比基带传输高, 当然宽带传输要求的技术较高, 设备多, 调制解调器价格较贵且需要量大, 因而成本较高。目前, 大多数局域网均用基带传输, 少数网络支持宽带传输。

### 1.2.3 数据传输方式和交换方式

#### 1. 并行传送和串行传送

对数据的传送方式有并行传送与串行传送, 并行传送是一次同时传送一个字节 (即 8 个二进制), 从发送端到接收端的信道要用 8 根线。而串行传送是一位一位地传送, 从发送端到接收端只要一根传输线即可 (图 1.7)。并行传送的传输速率高, 但传输设备要增加七倍, 一般用于近距离范围内要求快速传送的地方; 串行传送的速率虽然低, 但节省设备, 是网络中普遍采用的方式。由于计算机内部操作多为并行, 采用串行传输时, 发送端通过并/串转换装置将并行数据位流变为串行数据位流, 然后送到信道上传送, 在接收端又通过串/并转换, 还原成 8 位并行数据流。

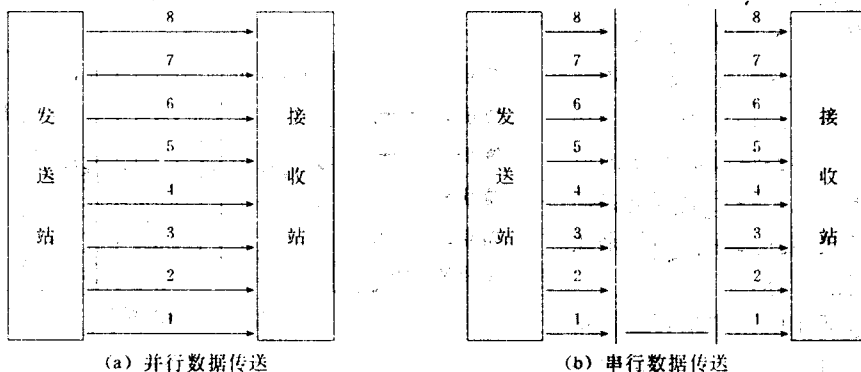


图 1.7 数据传送框图

#### 2. 单工通信、半双工通信和全双工通信