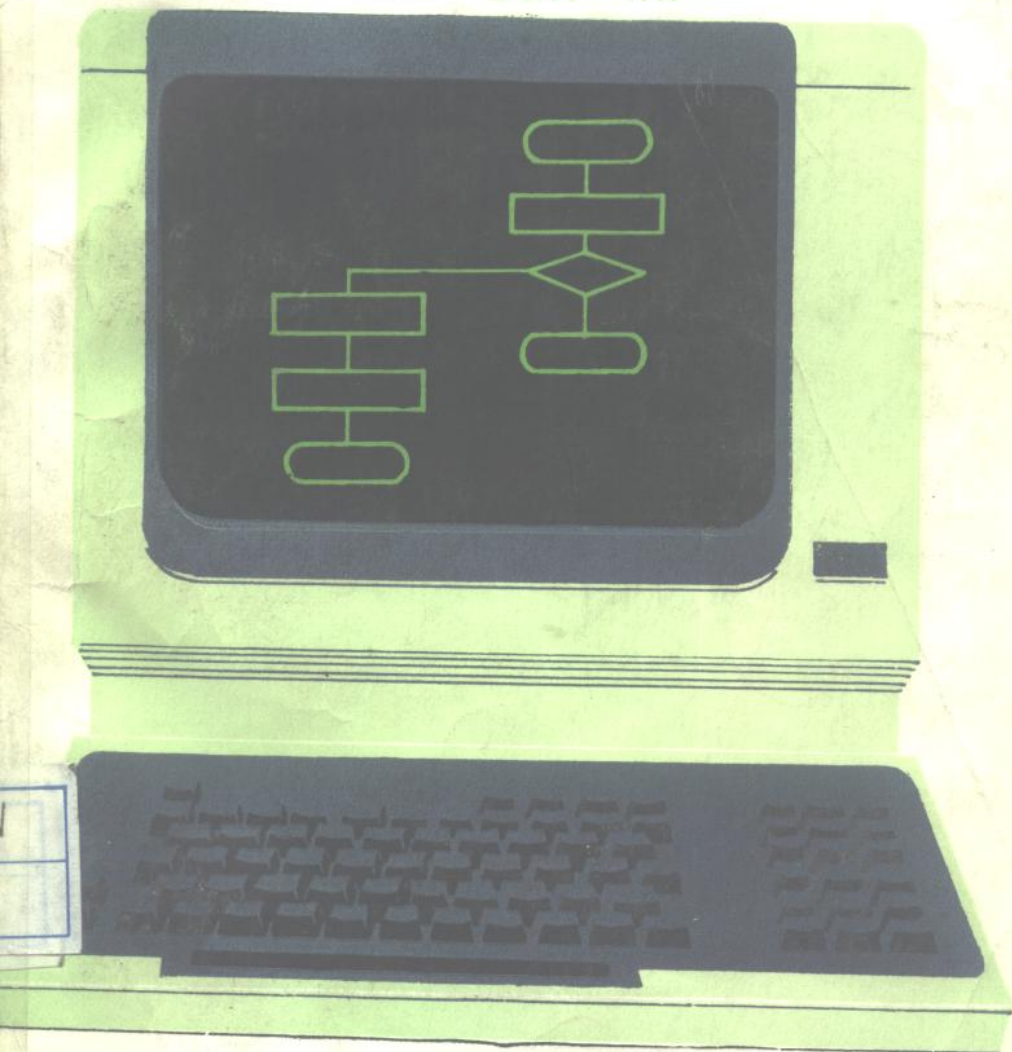


微型计算机应用丛书

局部计算机网络

李显济 杜慰何 编著



机械工业出版社

TP393.1
LXJ/1

微型计算机应用丛书

局 部 计 算 机 网 络

李显济 杜慰何 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书全面地介绍了局部网络系统和有关技术,包括基带网、宽带网、光纤网和专用小交换机等系统的工作原理、通信协议、典型网络以及互连技术等各个方面,并着重叙述了总线与环形局部网。对典型系统,能理论联系实际,详细讲解安装和使用方法。

本书具有取材新、叙述深入浅出、详尽,书中配有大量插图,便于自学等特点,是一本内容丰富,既有一定理论深度又通俗易懂、学而致用的好书。

本书供计算机、电气、通信等工程技术人员及高等院校有关专业师生参考。

局部计算机网络

李显济 杜慰何 编著

*

责任编辑:王中玉 贾馨

版式设计:张伟行

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $10 \frac{3}{4}$ · 字数 281 千字

1988 年 12 月北京第一版·1988 年 12 月北京第一次印刷

印数 0,001—12,300 · 定价: 5.40 元

*

ISBN 7-111-00170-2/TP · 13

出版者的话

计算机是现代化建设中不可缺少的先进工具，其应用正在向各个领域渗透，并以日新月异的面貌迅猛发展。

为了迅速普及计算机先进科学知识，大力推广计算机应用技术，积极提高技术管理干部的现代化管理水平和工程技术人员应用计算机的水平，中国机械工程学会自动化分会和机械工业出版社根据目前急需情况，先组织出版一套《微型计算机应用丛书》，分编著和翻译两个独立部分，均以应用为重点，内容反映微型计算机在机械、电气自动化、仪器仪表、办公自动化等方面的应用，供使用计算机的工程技术人员参考。

本丛书的出版得到机械工业部计算机领导小组的大力支持，机械工业部计算机与集成电路办公室、北京机械工业自动化研究所等单位的有关同志给予了具体指导和帮助，其他兄弟单位提供了方便，对此一并表示感谢。

机械工业出版社

编委会名单

主任：沈烈初

副主任：蔡福元 罗命钧 郑仁贵

委员（按笔划排）：

朱逸芬 李襄筠 严蕊琪

张长生 周 斌 季瑞芝

郑学坚 龚为廷 谢志良

葛林根

前 言

计算机局部网络技术是计算机技术、网络通信技术与大规模、超大规模集成电路技术相结合的新技术。计算机的日益广泛应用与办公自动化的发展，推动着局部网络技术向前发展，而局部网络技术也为办公自动化和计算机应用创造了更好的环境。

毫无疑问，在人类朝着现代信息社会发展和大量计算设备日益广泛应用的今天，人们学一点计算机网络通信方面的知识，是大有好处的。而对于计算机与电气工程、通信工程等有关专业的大专院校师生、工程技术人员来说，系统地学习有关计算机网络通信方面的技术，包括局部网络技术，则尤为必要。

本书作为“微型计算机应用丛书”之一，其目的就是为读者通俗、详细、全面和系统地介绍局部网络的各种技术和知识。

全书共分十章：第一章主要概述局部网的基本技术；第二、三章分别介绍数据通信基本知识和 ISO/OSI 参考模型；第四、五章是总线网与环形网，着重围绕 IEEE802 标准局部网络协议进行讨论；第六、七章列举了 3Com Ether Series 以太网、PC-net 及 Corvus 公司的 Omninet 三个微型计算机局部网典型系统；第八章介绍了很有发展前景的宽带网与光纤网；第九章为网络互连；第十章介绍了 PBX 专用小交换机。

本书由北京邮电学院梁雄健教授及国家机械委科技情报研究所高级工程师周斌同志审校。在审校中，提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平与经验有限，难免有错误或不当之处，期望读者批评指正。

李显济 杜慰何

目 录

第一章 概述.....	1
§ 1-1 局部网的特点和应用	1
§ 1-2 局部网拓扑结构	4
§ 1-3 局部网传输介质	7
§ 1-4 基带与宽带	13
§ 1-5 网络组成与网络概念	16
§ 1-6 局部网主要性能参数	21
第二章 数据通信基础知识.....	24
§ 2-1 数据通信与数字通信	24
§ 2-2 香农公式与奈奎斯特公式	25
§ 2-3 单工、半双工及全双工通信方式	27
§ 2-4 调制解调器及 V. 24/RS-232接口	28
§ 2-5 FDM/TDM 多路复用技术	31
§ 2-6 数字传输与数字接口——X. 21	34
§ 2-7 电路交换和包交换	39
§ 2-8 差错校验	40
第三章 ISO/OSI 参考模型	43
§ 3-1 ISO/OSI 模型	43
§ 3-2 物理层功能	44
§ 3-3 数据链路层功能	45
§ 3-4 网络层功能	48
§ 3-5 传输层功能	50
§ 3-6 会话层功能	51
§ 3-7 表示层功能	52
§ 3-8 应用层功能	53
§ 3-9 局部网参考模型与 IEEE802标准	54
第四章 总线网.....	59
§ 4-1 随机多重访问协议——ALOHA原理	60

§ 4-2 载波侦听多重访问技术——CSMA 协议	64
§ 4-3 CSMA/CD协议——以太网协议	70
§ 4-4 无冲突信道访问控制协议	83
§ 4-5 限制竞争协议	91
§ 4-6 令牌总线网介质访问方法	96
第五章 环形网	105
§ 5-1 令牌环介质访问控制方法	108
§ 5-2 IBM 令牌环	116
§ 5-3 分槽环与寄存器插入环	133
§ 5-4 剑桥环	137
第六章 局部网典型例子之一	
——3Com EtherSeries 以太网及 PCnet	143
§ 6-1 3Com EtherSeries 以太网	143
§ 6-2 PCnet 局部网	169
第七章 局部网典型例子之二	
——Omninet 微型机局部网	180
§ 7-1 Omnet 局部网一般介绍	180
§ 7-2 工作原理与功能特点	184
§ 7-3 智能传输器	190
§ 7-4 硬盘系统资源共享	196
§ 7-5 高层软件 CONSTELLATION II	204
第八章 宽带网与光纤网	208
§ 8-1 宽带传输系统	208
§ 8-2 王安宽带网	212
§ 8-3 IBM-PC Network 宽带网	216
§ 8-4 LAN/1 宽带网	222
§ 8-5 LocalNet20/40 宽带网	226
§ 8-6 光纤网	231
第九章 网络互连	240
§ 9-1 信关与互连	240
§ 9-2 互连网体系结构例一——PUP	257
§ 9-3 互连网例二——LocalNet 宽带网互连	264

第十章 PBX 专用(小)交换机	272
§ 10-1 PBX 的技术发展	272
§ 10-2 PBX 的一般结构和功能	277
§ 10-3 PBX/LAN	283
附录 1 以太网技术规范说明	293
一、以太网概述	293
二、以太网的层间接口	295
三、以太网数据链层功能	299
四、以太网数据链层程序模型	306
五、以太网物理层逻辑功能	321
六、发送/接收一帧的过程	328
附录 2 部分国外局部网产品一览表	330
参考文献	333

第一章 概 述

本章叙述局部网的特点和应用、局部网拓扑结构、传输介质、宽带与基带、网络组成、协议以及网络主要性能参数等概念和技术。在后面有关章节中，对其中一些重要内容再作详细介绍。

§ 1-1 局部网的特点和应用

一、局部网的特点

局部网即局部区域计算机网络的简称，或称为局域网，或用 LAN (Local Area Network) 表示。

局部网是一个数据通信系统，其传输范围在中等的地理区域，使用中等或高的数据率，可连接大量独立设备在通信信道上相互通信。具体说来，局部网有如下一些特点：

1. 局部网的传输范围一般限制在数公里的区域内。
2. 局部网的数据传输率一般在 $1\sim 20\text{Mb/s}$ (即 $1\sim 20\times 10^6\text{位/秒}$) 左右，或可高达 50Mb/s 或更高。
3. 局部网的误码率低，不但比远程网的误码率低，就是其绝对量来说也是很低的，一般可在 $10^{-7}\sim 10^{-9}$ (即平均 $10^7\sim 10^9$ 位误码 1 位) 或更低。此外，局部网往往为单个组织所拥有，有利于控制与管理，这点也与远程网、公共数据网不同。

由此可见，局部网既不同于远程网之传输范围 (跨越数十、数百乃至数千公里)，也不同于多机系统 (仅占据若干机柜或一般机房大小)。而局部网的数据率则介于高数据率的多机系统与低数据率的远程网之间，见图 1-1，从而它正好填补在远程网与多机系统之间。

二、局部网的主要优点

局部网因传输距离短，几乎都可自由地使用宽频带电缆，因

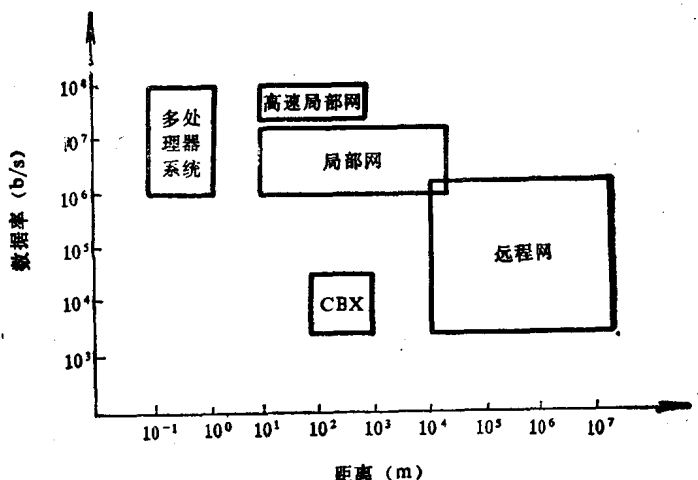


图1-1 局部网与远程网、多处理器系统比较

CBX——计算机化专用交换机

此给局部网带来一系列优越性，其主要优点如下：

1. 支持资源共享。入网的站可共享网内各种软、硬件资源，如共享文件、数据库、语言编译、程序及各种昂贵外围设备（如硬盘、高质量打印机）等资源。

2. 支持相互通信。局部网不但能支持高带宽低错误率的局部通信，而且在建立网间互连后（包括局部网之间或局部网与远程网之间），使网内任何站点都容易与远方主机或其它网络通信，这也就是易于在更大范围，更多的资源上实现资源与信息共享。

3. 支持分布处理与控制，发挥功能分布的优点。在局部网中，可分配某些机器专用于执行某些特殊功能，如文件存储，数据库管理、终端处理等，不同机器执行不同任务，使编程与实现都更简单和有更高的效率。

4. 费用低。由于局部网限制在中等范围传输，可以做到容量（数据率）高而成本低。与远程网的低容量（数据率）和高费用相比，局部网所需费用是很低的。因此，单个组织如学校、工厂、医院、公司就可建立和管理、控制自己的局部网。这样，局部网

络技术易于推广，为人们所接受和使用。

5. 具有智能的工作站，灵活而友善的用户接口。局部网与联机系统（由一主机带若干笨终端系统）相比，后者是集中控制方式，智能集中在主机，与用户接口的笨终端，其智能主要来自主机，结果是延迟长、响应慢以及可靠性问题而停机等现象使用户不满意；而前者多采用分布控制，智能分布到用户工作站（如用个人计算机作工作站），这样相比之下，局部网就能够增强系统的可靠性，且具有较快的响应能力。此外，局部网的设计趋向于把注意力放在向用户提供智能的多功能工作站上，这将能满足用户多样化的需要。

三、局部网的应用领域

局部网的应用领域很广，凡是要求有高的数据传递率及低的误码率的计算机应用系统中，如机关、学校、工厂、公司、医院、银行、实验室、各企业事业单位的计算机管理系统都可应用局部网。局部网除了在本单位本部门使用外，还可以与远程网相连或通过公共电话网作为桥梁，将两个或多个局部网连接起来，实现更大范围的应用，这个桥梁称作信关或门路(Gateway)。现列举几种局部网的主要应用领域如下：

1. 办公室自动化。当前办公室中许多管理工作如制表、统计、存档和收发信息、打印文件，询问各类信息、管理电话和信件等不但花费了人们大量的时间，而且造成信息的收集、处理、统计不及时、不准确、不全面。有了局部网，这些工作可由计算机可靠而高效地完成。当前，利用局部网应用于办公室自动化已成为热潮。为此，正在大量研究声音、图象、数据综合在局部网中传送的问题。局部网在办公室自动化应用方面将起着巨大的作用。

2. 电子邮政。电子会议和各种快速电子服务如版本修改、文本起草和编辑等，使得不同地点的人们可共同在网络上“面对面”地商议各种事情，讨论和修改各种稿件，作出各种重大决定，使工作效率大大提高，人们得到更大的方便，而且对社会交通、

信息的组织甚至社会组织都会发生巨大的影响。

3. 数据库应用。局部网支持用户共享数据库和文件，数据库与文件可集中放在网内一资源站，局部网可建立相应的安全、保密措施，各用户可按不同的访问权限共享数据库资源。另一方面，随着计算机在管理方面的大量应用以及分布系统的发展，数据库也由集中走向分散，局部网可为分布式数据库的实现提供良好的环境和有效的工具。

4. 过程控制。在现代化的工厂里，各个生产任务以至整个工厂的生产过程控制需要许多计算机，包括大量的微型机，这就需要局部网，使这些计算机能相互通信，交换控制信息与数据，配合与协调工作。同时，有了局部网后，某个生产环节的控制失效或机器有故障时，也能很快得到后备控制，或很快得到后备的机器恢复正常工作，提高了生产过程的可靠性。

5. 共享中、大型计算机的资源。中、大型机可联入局部网或通过信关或门路与局部网相接。网中的微、小型机可通过远程操作存取中、大型机的程序、数据、文件。网中用户可使用中、大型机的处理机、外围设备等硬件资源，弥补自己资源不足的缺点。

局部网可应用于各行各业，随着局部网技术的发展和产品的大量生产，价格不断下降。局部网是计算机应用技术方面方兴未艾的领域。

§ 1-2 局部网拓扑结构

所谓局部网拓扑结构，就是指网络中各节点（结点）间的互连模式，亦即网络链路与节点的几何布置，它定义各节点彼此间的物理与逻辑位置。而研究各种拓扑结构性能的学问称为拓扑学。这里，网络节点是指网络的工作站，通信接口处理机等。

为简单起见，局部网中常采用有限制的、形状规则的拓扑结构，如总线形（无根树）、环形、星形和树形等，见图 1-2。此外，还采用由上述结构所组合的拓扑结构，如总线形与环形组

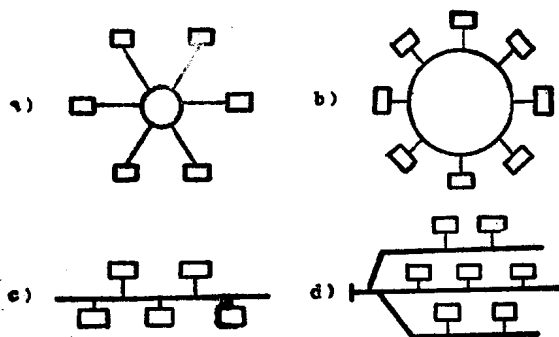


图1-2 局部网拓扑结构

a) 星形 b) 环形 c) 总线 d) 树形

合, 星形与环形组合等。

采用简单的有限制的拓扑结构, 可使局部网的设计得到简化。例如, 采用最简单的总线形或环形拓扑结构的局部网, 通过一条总线或通过环路使网络中所有节点得到互连, 达到整个网络的连通性, 从而可避免在远程网络 (不规则拓扑结构) 中复杂的路径选择问题。

下面分别介绍星形、环形和总线形网的拓扑结构:

一、星形网

它由功能较强的“主节点C”与其周围若干“从节点S”组成。主节点与从节点之间可直接进行通信, 但从节点之间无直接通信信道, 信息必须经主节点传送。这种结构常用于分级集中式控制网络, 适合于主-从节点间直接通信的场合, 如分时系统的中央节点与外围节点、终端、远程批处理站等组成的系统。专用小交换机即 PBX (见第十一章) 是典型的星形网结构例子。星形网由于采用集中式控制, 所有通信处理与控制能力常集中在主节点上, 主节点必须建立与维护许多并行的数据路径, 其功能必须较强, 结构也较复杂。另一方面, 从节点通信处理方面的负担则很少, 故各从节点结构可以很简单, 这是优点。但集中式控制易造成主节点负担过重, 如果主节点出故障将导致整个网络无法

工作，这是它的主要缺点。星形网的结构见图 1-2 a。星形网采用询问方式控制各站点的信息发送，即由主节点轮流询问每一个与它相连的站，如果该站有信息要发送，它就立刻发出信息。主节点可以是计算机或交换设备，当它把两条线接通，则与此两线相连的站就能直接连通。

二、环形网

各节点串接在环中，如图 1-2 b 所示，信息单向地（顺或反时钟）沿着环一站一站地传送。可以这样想象：信息包由发送节点“放”在环上，由中间节点转发并由目的节点接收（一般还由发送节点回收）。这种传送方式，信息有较长时间的延迟，并随环上节点数目增加而增大。环上传送二进制信号，接口较简单。环网一般采用分布式控制，由于环网各节点的串接形式，对可靠性不利。环上任一节点出现故障，都可能导致整个环的通信中断。同时，新站加入必须暂时断开环路。这种连接形式，与总线网相比，扩展不够方便，但环结构比之总线网将更易于引入光纤新技术。对于环网串行结构的可靠性问题，已提出了一些解决办法与措施。IBM公司近年设计的令牌环（见 § 5-2），在环形结构中加入环布线控制器（RWC），可以在环出现故障时，自动找出环故障的所在部分，并可自动予以旁路，对此得到较好的解决。根据控制方法和发送方式的不同，环网可分为回路（Loop）和环（ring）两种，两者的区别见第三章。

三、总线形网

它是目前局部网中用得最多的一种结构。在总线形网中，各节点由一无源传输介质如电缆线、双绞线等互连在一起，各站间可直接通信。信息由原发站发出，沿总线两个方向传布。当信息沿总线经过时，每一节点都可测试该信息，以确定本节点（站）是否是该信息的目的地。因此，总线网既不存在路径选择也没有转发的问题。由于用不着要各站做转发工作，至少在理论上要比环网提供更为可靠的网络结构。传布延迟基本上与结点数无关。一般采用分布式控制，各站可争用总线，但共同执行某种信道分配算

法解决冲突。单站故障不致影响全网工作，新站加入也无需暂停网络的运行，易于扩展，可靠性较好。

§ 1-3 局部网传输介质

传输介质是局部网主要成分之一。局部网利用传输介质来建立信息传输的物理路径，借此把工作站连接起来，达到网络的连通性。连接方式基本上可分为两类，即点-点式链路与广播式多点连接。在图 1-2a、b 中，星形网与环形网连接可看作点-点链路方式，而图 1-2c、d 中总线与树形网，则是广播式连接。

目前，局部网常用介质有双绞线，基带同轴电缆、宽带同轴电缆和光缆等，此外还有卫星、微波、红外线等其它介质。多数局部网只使用其中一种介质，如只用基带同轴电缆，而有的局部网则使用多种介质，如使用同轴电缆作局部网总线，又用微波或卫星介质作局部网互连。下面扼要介绍和对比几种常用局部网传输介质的物理特性、传输特性及应用特性等。

一、双绞线

由两条相互绝缘金属线（一般直径约为 $0.2\sim 1.5\text{mm}$ ）相互缠绕而成，见图 1-3a，一对或多对双绞线，外加保护外套构成双绞线电缆。双绞线传输介质目前有广泛应用，如办公楼里所使用的电话线，就是一个应用例子。

一对双绞线可含有 24 路 4kHz 模拟话音信道，若信道上传输速率为 9.6kb/s ，则其总的数据传输率为 230kb/s 。双绞线也可传输数字信号，能处理 24 路 64kb/s 脉冲码调制（即 PCM）话音（有关 PCM 见 § 2-6），总数据率可达 1.544Mb/s 。若在数十米的短传输距离内，其数据率达若干兆位每秒是可能的。由于信号在双绞线上传输衰减较大，故传输模拟信号时，每隔 $5\sim 6\text{km}$ 需加放大器，传输数字信号，每隔 $2\sim 3\text{km}$ 需加中继器。因而双绞线多用于单个办公楼范围的传输距离。

与同轴电缆及光缆相比，双绞线性能较差，其抗干扰能力较低，能支持的站点数较少，但因其价格较便宜，对用户有吸引力。

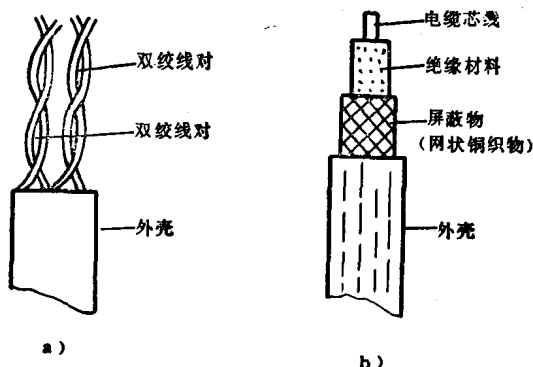


图1-3 两种传输介质的物理结构

a) 双绞线 b) 同轴电缆

适用于低价、传输距离短以及数据率要求不高的应用场合。现有不少个人计算机局域网采用双绞线作传输介质，Omnet 微型机局域网（见第七章）就是其中一个例子。

二、同轴电缆

典型的同轴电缆结构见图 1-3 b 它由芯线和屏蔽物组成。芯线用铜线，屏蔽物多用铜丝网，芯线和屏蔽物之间填充绝缘材料。同轴电缆分基带和宽带同轴电缆两种。电缆外径为 10~25mm。信号在同轴电缆上的传播速度约为光在真空中速度的 78%，即其传播延时约为 4.27 μ s/km。

所谓基带电缆，是指该电缆适用于基带通信，即支持单条数字信道，传输数字信号（方波），信号在缆上双向传送。基带电缆的数据传输率可达 50Mb/s，但一般使用数兆~10Mb/s，传输距离小于 1 km（不加中继器情况），一般为数百米。其抗电磁干扰能力较好，但不能完全避开电磁干扰。每节电缆上可连接成百设备，加中继器后可接成千个设备。基带同轴电缆一般可提供误码率为 10^{-7} （即平均传输 10^7 比特中误码 1 比特）。

宽带电缆适用于宽带通信（对宽带与基带在后面章节还有专门介绍），它利用有线电视 CATV 的电缆技术和元部件，技术成熟，