

高等工科院校电子、信息类教材

计算机网络和 网络安全基础

The Base of Computer Network and Network Security

高飞 高平 编著

北京理工大学出版社

计算机网络和网络安全基础

高 飞 高 平 编著

北京理工大学出版社

· 北 京 ·

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络和网络安全基础/高飞, 高平编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2002. 6

ISBN 7-81045-949-X

I. 计… II. ①高…②高… III. ①计算机网络-基本知识②
计算机网络-安全技术-基本知识 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 028543 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68459850(传真) 68912824(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / chiefedit@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京房山先锋印刷厂

装 订 / 天津高村装订厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 390 千字

版 次 / 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

责任校对 / 郑兴玉

定 价 / 23.00 元

责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前言

计算机网络的广泛普及,推动了社会信息化的发展进程。信息化技术发展的需求,又使计算机网络的新方法、新技术、新产品不断涌现,促进了以 Internet 为基础的全球化网络经济的迅猛发展。然而,信息是要存储、处理和传输的,计算机网络是一种广泛应用的信息传输系统,它是计算机和通信技术相结合的产物,其安全性既非常重要又错综复杂。以 Internet 为代表的计算机网络正在成为未来全球信息系统的最重要的基础设施,在这种新形势下,计算机网络的安全问题,直接影响社会的稳定和国家的安全。因此,在掌握现代计算机网络理论与技术的同时,也必须注重计算机网络的安全性,学习解决计算机网络安全的一些关键技术和实现方法,以达到合理设置网络的安全限制,尽可能地减少网络的安全漏洞,不给黑客造成可乘之机,同时又能使用户称心如意地享用网络所提供的服务的目的。

本书共 8 章,主要包括两大部分。第一部分为计算机网络基础,包括第 1 章计算机网络基础,第 2 章网络体系结构,第 3 章局域网和广域网,第 4 章网络互联与 Internet,第 5 章网络操作系统;第二部分为网络安全基础,包括第 6 章网络安全基础,第 7 章密码技术,第 8 章黑客技术及 Internet 服务的安全隐患。

在计算机网络方面,本书以 ISO 的 OSI 参考模型为主线,从系统集成的角度介绍各种网络系统的基本原理和组网技术,介绍了局域网、广域网及网络互联技术,使读者在学习计算机网络基本理论的同时,也能掌握网络系统的组成技术。通过与 OSI 参考模型对比的方式,介绍了 TCP/IP 参考模型,并对 Internet 采用的 TCP/IP 协议及其应用做了详细的介绍。根据网络新技术发展快的特点,介绍了 FDDI、ISDN、帧中继以及 ATM 等技术和应用。在网络安全方面,本书分析了典型的网络安全需求,系统介绍了网络安全策略、网络安全服务的方法以及网络安全和核心技术——密码技术。最后介绍了针对现代计算机网络系统的漏洞,黑客所采用的一些攻击技术。

本书适合作为高等院校电子信息类以及其他相关专业本科生的教科书,根据不同对象的教学需要,对本书的内容可以在教学的过程中有选择地讲授。本书也可供从事相关专业的教学、科研和工程技术人员参考。

本书的第三章由高平编写,其余各章由高飞编写。本书在编写过程中得到了苏广川教授的大力支持和悉心指导,在此谨致谢意。在本书的出版过程中,得到了北京理工大学出版社的大力支持,在此表示感谢。

由于编写者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2002 年 3 月

目 录

第 1 章 计算机网络基础	1
1.1 引言	1
1.2 计算机网络	3
1.3 传输介质	6
1.4 拓扑结构	9
1.5 网络标准化组织简介	12
1.6 数据通信技术	14
习题	27
第 2 章 网络体系结构	28
2.1 网络的层次结构	28
2.2 服务、接口和协议	28
2.3 网络参考模型	30
2.4 物理层	34
2.5 数据链路层	37
2.6 网络层	44
2.7 传输层	53
2.8 高层协议	57
习题	61
第 3 章 局域网和广域网	63
3.1 局域网概述	63
3.2 以太网	67
3.3 令牌环网络	74
3.4 FDDI 网络	80
3.5 广域网	85
习题	114
第 4 章 网络互联与 Internet	116
4.1 网络互联技术	116
4.2 局域网互联	125
4.3 广域网互联	127
4.4 Internet	129
4.5 Internet 提供的服务	151

习题	154
第 5 章 网络操作系统	157
5.1 概述	157
5.2 网络工作模型	157
5.3 网络通信环境	158
5.4 网络安全性	162
5.5 网络可靠性	166
5.6 网络服务	171
5.7 网络管理	172
5.8 构造网络系统	173
习题	174
第 6 章 网络安全基础	175
6.1 概论	175
6.2 网络系统的安全体系结构	186
6.3 实现安全服务的方法	188
习题	221
第 7 章 密码技术	222
7.1 引言	222
7.2 对称密码体制	222
7.3 公钥密码体制	225
7.4 完整性校验值	227
7.5 数字签名技术	227
7.6 密钥管理简介	230
7.7 秘密密钥的分配	231
7.8 公钥密码体制的密钥的分配和公钥证书	234
习题	238
第 8 章 黑客技术及 Internet 服务的安全隐患	239
8.1 黑客攻击技术	239
8.2 网络监听	248
8.3 Internet 服务的安全隐患	249
习题	252
参考文献	253

第 1 章 计算机网络基础

1.1 引 言

在信息化社会中,计算机已从单一使用发展到群集使用。越来越多的应用领域需要计算机在一定的地理范围内联合起来工作,从而促进了计算机和通信这两种技术紧密的结合,形成了计算机网络这门学科。

计算机网络的发展历史并不长,但速度很快,经历了从简单到复杂,从低级到高级的发展过程。这个过程可划分为四个阶段:具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统、计算机通信网络和计算机网络。

1. 具有通信功能的单机系统

早期计算机的体积大、性能低、价格昂贵,主要应用于科学数值计算,集中在计算中心,对于远距离或异地的用户来说十分不便。为了解决此类问题,借助于当时已经成熟的通信技术及已有的通信设备和线路,在计算机内增加了通信功能,使异地用户能在远程终端上联机操作,包括输入数据,命令远地计算机进行处理,并把处理结果送回远程终端。具有通信功能的单机系统如图 1.1.1 所示。这种具有远程终端的联机工作方式是计算机与通信技术结合的产物,大大提高了计算机系统的工作效率和服务能力。

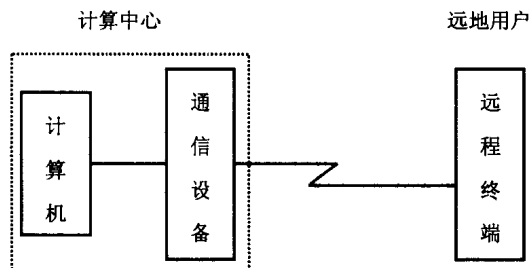


图 1.1.1 具有通信功能的单机系统

2. 具有通信功能的多机系统

在单计算机系统中,随着所连接远程终端数目的增多,且由于当时计算机的性能还比较低,计算机既要进行处理,又要承担通信任务,使得主机不堪重荷,效率很低;另外当时的每个远程终端多采用专用线路连接,数据传输率低。为了克服第一个缺点,通常在主机前设置一通信处理机,专门负责与终端的通信工作,其功能还可以扩展,协助主机对信息进行预处理,使主机的资源全部用于数据处理上。为了克服第二个缺点,可在远程终端较集中的



区域设置线路集线器，大量的终端通过低速的线路连到集线器上。集线器按照某种策略分别响应各个终端，并把终端送来的信息按一定格式汇集起来，再通过高速通信线路一起送给主机。具有通信功能的多机系统如图 1.1.2 所示。

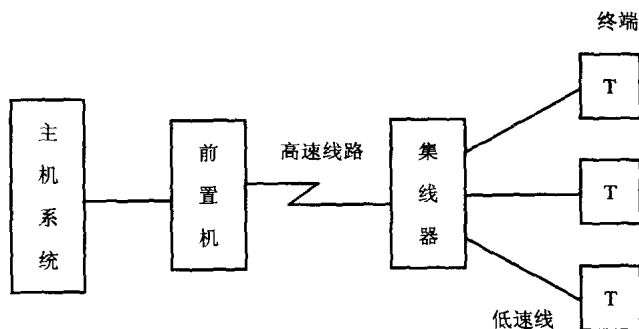


图 1.1.2 具有通信功能的多机系统

通信处理机和集线器常用于性能较低的计算机，但要求通信功能较强，它们主要承担通信任务，还根据情况可承担信息压缩、代码转换，甚至一些信息预处理的任务。这种结构实际上已经解决了两台计算机之间的通信问题，双方既发送信息，又接收信息，只不过信息集中在主机上进行处理。

3. 计算机通信网络

在 20 世纪 60 年代末，随着计算机硬件性能的提高和价格的降低，计算机的社会拥有量大大增加，应用范围不断扩大，特别是在财政、金融、事务处理方面应用的需求急剧增大，此时再采用远程终端对计算机进行联机操作已不符合要求，迫切要把分布在不同地点的、特别是远距离的计算机连接起来，实现信息交换，以满足证券、期货交易等经济活动对信息的实时需求。这种以信息传输为主要目的，用通信线路和主机系统连接起来的计算机群，就是计算机通信网络，它是计算机网络的初级形式。计算机通信网络如图 1.1.3 所示。

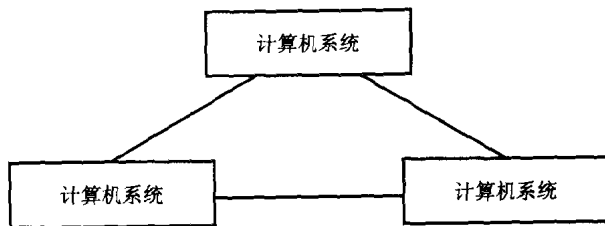


图 1.1.3 计算机通信网络

在计算机通信网络中，各个计算机系统是独立的，不过为了彼此间交换信息而借助于通信设备和通信线路连接，形成了一个松散耦合的大系统。这种网络的主要用途是传输信息。

4. 计算机网络

随着计算机通信网络的广泛应用和网络技术研究的发展，计算机用户对网络提出了更高的要求，希望共享网内的系统资源，或调用网内几个计算机系统共同完成某项任务。用户要求使用计算机网络的资源像使用自己主机系统资源一样方便。为达到此目的，除了要求有可靠、有效的计算机和通信系统外，还要求制定一套全网一致遵守的通信规则和用来控制协



调资源共享的网络操作系统。

在计算机网络中,用户把整个网络看做一个大的计算机系统,用户不必了解这个网络是由哪些子系统构成的,不必熟悉所关心的信息放在哪个子系统中,也不必担心自己的信息资源是否被非法侵犯,所有资源共享中出现的问题都由网络操作系统协调管理。用户可用非常简单的方式访问被授权的某些资源,调用几个计算机系统协同加速完成处理紧急或复杂的大问题。

1.2 计算机网络

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络是指把若干台地理位置不同且具有独立功能的计算机,通过通信设备和线路互相连接起来,以实现信息传输和资源共享的一种计算机系统。也就是说,计算机网络是将分布在不同地理位置上的计算机通过有线的或无线的通信链路连接起来,不仅能使网络中的各个计算机(或称为节点)之间互相通信,而且还能共享某些节点(如服务器)上的系统资源。

也可以把计算机网络简单定义为“一组自主计算机系统的互联”,它应具有以下特点:

- 连接到网络上的每台计算机本身应该是一个完整的系统,有 CPU、主存储器、输入和输出设备,有完善的系统软件,能单独进行信息处理;
- 联网的计算机之间不存在制约关系;
- 一般外部设备不能直接挂在网上,只能通过与之连接的计算机成为网上的资源;
- 计算机之间的互联通过多种通信设备和有线或无线的通信线路实现;
- 要有完善的网络操作软件(如操作系统)支持,来控制协调网络资源的分配与共享;
- 联网的计算机之间通过事先约定的通信协议来实现信息交换。

1.2.2 计算机网络结构

一般来说,计算机网络由计算机系统、通信链路(指线路及其设备)和网络节点组成。从功能上,可以将计算机网络分为资源子网和通信子网两部分。资源子网主要包括拥有资源的用户主机和请求资源的用户终端、通信子网接口设备和软件等,提供访问网络和处理数据的功能。通信子网提供网络通信功能,完成主机之间的数据传输、交换、控制和变换等通信任务。通信子网又可分为交换和传输两部分。交换部分指节点交换机,节点交换机通常是一台小型计算机,用于通信控制与转发作用。传输部分指高速通信线路,负责传输信息。

如果把网络单元定义为节点,两个节点间的连线称为链路,从拓扑学的观点来看,计算机网络就是由一组节点和链路组成,网络节点和链路的几何图形就是网络拓扑结构,或网络结构。网络中的节点有两类:端节点和转接节点。端节点指通信的源和宿(目的)节点,也叫访问节点,如用户主机和用户终端。转接节点指网络通信过程中用于控制和转发信息的节点,如程控交换机、通信处理机、集线器和终端控制器等。通信子网的拓扑结构主要有星型、树型、总线型、环型和网状等拓扑结构。





1.2.3 计算机网络的类型

可从不同的角度对计算机网络进行分类。

- 按网络的拓扑结构分类，计算机网络可分为星型网、树型网、总线型网、环型和网状网等。

- 按网络的使用范围分类，可分为公用网和专用网。公用网（Public Network）一般是国家邮电部门建造的网络，为全社会服务。专用网（Private Network）是为某部门特殊业务工作需要建造的网络，不向其他单位提供服务。

- 从计算机网络覆盖区域来讲，可分为局域网（LANs: Local Area Networks）、都市网（MANs: Metropolitan Area Networks）和广域网（WANs: Wide Area Networks）。

- ① 局域网：指在覆盖距离从几百米到 20 km 之间的小区域内，各种通信设备互联在一起的通信网络。这种网络通常安装在一个建筑物或相邻的几个建筑物内，由部门或单位所有。

- ② 都市网：指覆盖一个城市的、直径一般在 10 km 到 50 km 之间，往往由一个城市的邮电部门或政府机构或大公司控制。

- ③ 广域网：指覆盖距离大于几十公里、几百公里、一个洲甚至环绕整个地球的网络。这种网络一般由政府控制。

- 从计算机网络的应用特点来讲，可把计算机网络分为工作组网络、园区网络、企业网络和全球网络。

- ① 工作组网络：也可称为工作小组网络，其主要目的是共享局域网软硬件资源。在工作组网络中通常有一至两台文件服务器（File Server），网络用户一般不超过 30 个。工作组局域网不通过网桥（Bridge）加入通信子网（Subnetwork），除非它们作为一个大型企业网络的一部分连入企业网。即使工作组网络连入企业网络，通信流量主要还是集中在工作组网络内部。因为工作组网络用户 80% 的时间使用本地资源，而只有 20% 的时间使用远程资源。

工作组网络的管理任务比较简单，例如：加入一个新用户；进行简单的错误检修；在工作组网络上增加一个节点以及软件升级等，较困难的管理工作则由网络维护专家完成。

- ② 园区网络：如果要求联网的各个工作组网络的地理范围在几平方公里内，就可以选择园区网络。园区网络一般有一条骨干网，子网像叶脉一样连接到骨干网上。子网连接到骨干网的最常用设备是网桥或路由器。

园区网络比工作组网络复杂，每个工作组的各类服务器除了为本组用户提供数据共享和文件服务外，还要为其他工作组网络用户提供类似的服务。多重处理服务器还需要管理通信负载。而公用数据可驻留在数据库服务器上或者小型机上，供各个工作组的子网用户访问。

由于各个工作组都独立地选用最适合自己业务的软硬件，因而各自的工作组局域网均可满足该工作组的需要。园区网络管理比较复杂，因此要求其网络管理员具备网络管理的专业知识。

- ③ 企业网络：企业网络设计的目的是将公司所有工作组及分公司的各个网络联成一个大型的计算机网络系统。这就要求企业网络覆盖一个城市，一个省份，或者一个洲，跨越的地理位置非常广泛。这里所说的企业是一种广义的企业，包括政府部门、大型组织等。

企业网络通常建立一个广域网，将各个公司和各个工作组的局域网联入这个广域网。公司的工作组局域网和园区网络可能相距几十公里。广域网提供的网络服务可使这些局域



网之间的连接更加有效。相比之下,企业网也更加复杂和难于管理,因为企业网络的用户共享本工作组、其他工作组、分公司和公司总部的信息和应用程序,而网络用户每时每刻都在访问这些信息,这些信息和应用程序又遍布在相距甚远的不同地理位置的计算机上,而计算机的类型往往又不相同。企业网络由于包括了众多的、使用多种多样操作系统的终端用户设备,因此要使用多种网络协议、专用程序和网络标准,要面对不同的网络硬件类型。所有这一切都是透明地连入企业网络中。

企业网络是现代企业从事商业活动的动脉,因此为了保证其可靠性,关键设备一般都采用冗余技术,使企业网络系统具有容错能力。另外,还往往制订出现灾难事故后的紧急修复计划,以避免由于网络瘫痪给企业造成巨大的经济损失。

企业网络的管理要求很高,必须具有网络专业知识的专家才能充当网络管理员。

④ 全球网络:全球网络是国际范围内的计算机网络系统,它可以处理多种语言、文字、标准,并与其他通信系统相连,例如与电话网络相连。

从工作组局域网络到全球网络,随着网络规模的增大,网络的功能也不断增强,网络上的各种设备也更加丰富,地理位置也相距更远,与此同时又要求网络具有更高的可靠性和稳定性。网络设计人员除了考虑上述因素外,还要考虑连接网络的国际电话线的低带宽和高出错率与网络高性能要求之间的矛盾。因此,全球网络在设计、管理和维护上比其他网络更加复杂,也更加困难。

各类计算机网络的特征参数列于表 1.2.1。

表 1.2.1 各类计算机网络的特征参数

网络分类	缩写	分布距离(大约)	处理器位于同一	传输速率范围
局域网	LAN	10 m	房间	4 Mbps~2 Gbps
		100 m	建筑物	
		1 km	校园	
城域网	MAN	10 km	城市	50 Kbps~100 Mbps
广域网	WAN	100 km	国家	9.6 Kbps~45 Mbps
互联网		1 000 km	洲或洲际	

1.2.4 计算机网络的功能

1. 计算机系统的资源共享

对于用户所在站点的某一计算机系统,无论硬件还是软件,性能总是有限的,因为它就是一台个人微电脑。但用户可以像使用自己的个人电脑一样,使用网中的某一台高性能计算机来处理自己提交的某个大型复杂问题,也可以使用网上的一台高速打印机打印报表、文档等。用户可以使用网上的大容量磁盘存储器存放自己采集、加工的信息,特别是可以使用网上已有的软件解决某个问题。各种各样的数据库更是包含了取之不尽的科技、文化和经济信息。随着计算机网络覆盖地域的扩大,信息交流已愈来愈不受地理位置、时间的限制,使得人类对资源能互通有无,大大提高了资源的利用率,提高了信息的处理能力,节省了数据处理平均费用。



2. 实现数据信息的快速传输

计算机网络是现代通信技术与计算机技术结合的产物，分布在不同地区的计算机系统可以及时、高速地传递各种信息，这对于现代的股票、期货交易等经济贸易活动更是急需的。随着多媒体技术的应用，这些信息不仅包括文字，还可以包括声音、图像等。

3. 进行数据信息的集中和综合处理

将分散在各地的计算机中的数据资料集中或分级管理，并经过综合处理后形成各种报表，提供给管理者或决策者分析和参考，如自动订票系统、政府部门的计划条件系统、银行财政及各种金融系统、数据的收集和处理系统、地震资料收集与处理系统、地质资料采集与处理系统等。

4. 均衡负载、相互协作

当某一个计算中心的任务很重时，可通过网络将此任务传递给空闲的计算机去处理，以调节忙闲不均匀现象。此外，地球上不同区域的时差也为计算机网络带来很大的灵活性，一般白天计算机负荷较重，晚上则负荷较轻，区域的时差正好提供了半个地球的调度余地。

5. 提高了系统的可靠性和可用性

与为了提高计算机系统的可靠性而采用的双工结构比较，计算机网络更经济。当网中的某一处理机发生故障时，可由其他路径传送信息或转到其他的系统中代为处理，以保证该用户的正常操作，不因局部故障而导致系统的瘫痪。又如某一个数据库中的数据因处理机发生故障而消失或遭破坏时，可从另一台计算机的备份数据库中调来进行处理，并恢复遭破坏的数据库，从而提高了系统的可靠性与可用性。

6. 进行分布式处理

对于综合性的大型问题可采用合适的算法，将任务分散到网中不同的计算机上进行分布式处理。特别是对当前流行的计算机局域网，更有意义。利用网络技术将计算机连成高性能的分布式计算机系统，使其具有解决复杂问题的能力。

7. 方便用户，易于扩充

随着各种网络软件的日益丰富、完善，用户可以通过终端得到各种信息和良好的服务，把整个网络看成是自己的系统。当需要扩充网络的规模时，只要把新的设备、站点挂上网络即可。

8. 提高了性能价格比

网络设计者可以全面规划，根据系统总需求和各站点的实际情况，确定各工作站的具体配置，用最少的投资获得最佳的效果。如一个教育培训系统，可以设计一个功能较完善，特别是软件丰富、磁盘容量较大的服务器，而每个工作站因只用于学生上机操作，可简化为一个无盘工作站，其结果是投资不大，效果比使用单台的个人微机优越。又如采用网络打印机比每台微机都配打印机更经济。此外，对提高安全性、可维护性都有好处。

随着计算机应用的不断发展，计算机网络的功能和提供的服务将会不断增加。

1.3 传输介质

在网络系统中，各个节点必须通过传输介质相互连接起来，实现数据通信。传输介质有两大类：有线介质和无线介质。目前，数据通信网络主要以有线介质为主，以无线介质为





辅。常用的有线介质有双绞线、同轴电缆和光纤；无线介质有微波、超短波以及红外线等。不同的传输介质对网络的传输性能和成本有很大影响。

1.3.1 有线介质

常用的有线介质有双绞线、同轴电缆和光纤等。

1. 双绞线

双绞线 (Twisted Pair Line) 如图 1.3.1 所示, 它是一种最常用的传输介质, 由呈螺旋线排列的两根绝缘导线组成, 两根导线相互扭绞在一起, 可使线对之间的电磁干扰减至最小。一根双绞线电缆有多个绞在一起的线对 (如 8 条线组成 4 个线对)。



图 1.3.1 双绞线

双绞线既可用于传输模拟信号, 又可用于传输数字信号, 比较适合于短距离传输。它作为网络的传输介质时, 其传输速率取决于所采用的芯线质量、传输距离、驱动器和接收器的能力等因素。一般网络系统的物理层规范都规定了它所采用的传输介质、介质长度以及传输速率等。双绞线有多种类型, 不同类型双绞线的带宽各不相同。

通过适当的屏蔽和扭曲长度可提高双绞线的抗干扰性能, 当传输信号波长远大于扭曲长度时, 其抗干扰性最好。因此, 在低频传输时, 双绞线的抗干扰能力比同轴电缆强, 但传输信号频率高于 10~100 kHz 时, 双绞线的抗干扰能力就不如同轴电缆了。在局域网中, 双绞线是一种较为廉价的传输介质, 特别是 10BASE-T 及 100BASE-T 网络技术的发展, 为双绞线的应用开辟了广阔的前景。

目前, 在局域网中所使用的双绞线有无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair) 和屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair) 两类。每一类中又分为若干等级, 如 UTP 分为 3 类 UTP、4 类 UTP 和 5 类 UTP, 它们的传输带宽分别为 16 MHz、20 MHz 和 100 MHz。

2. 同轴电缆

同轴电缆 (Coaxial Cable) 如图 1.3.2 所示, 它是局域网中应用较为广泛的一种传输介质。它由内、外两个导体组成。内导体是单股或多股线, 呈圆柱形的外导体通常由编织线组成并围裹着内导体。内外导体之间使用等间距的固体绝缘材料来分隔, 外导体用塑料外罩保护起来。

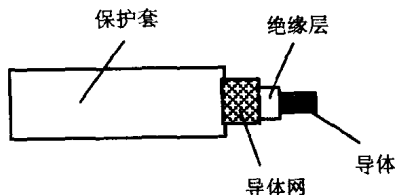


图 1.3.2 同轴电缆

在局域网中, 主要使用两种同轴电缆: 一种是 50 Ω 电缆, 主要用于基带信号传输, 传输带宽为 1~20 Mbps; 另一种是 75 Ω 公用天线电视 (CATV) 电缆, 既可传输模拟信号, 又





可用于传输数字信号。CATV 电缆的传输频带比较宽, 可达 300~400 MHz, 可用于宽带信号的传输。在 CATV 电缆上, 通常通过频分多路复用 FDM (Frequency Division Multiplexing) 技术实现多路信号的传输, 它既能传输数据, 也能传输话音和视频图像信号。

所谓基带信号传输是指按数字信号位流形式进行数据传输, 无需任何调制, 是一种广泛用于局域网的信号传输技术。如不特别说明, 局域网均指的是基带局域网。所谓宽带信号传输是利用频分多路复用 FDM 技术在宽带介质上进行的多路模拟信号的传输, 是一种用于宽带网络的信号传输技术。

3. 光导纤维

近年来, 随着光纤技术的发展, 越来越多的宽带网络采用了光导纤维作为传输介质。光导纤维 (Fiber) 结构如图 1.3.3 所示, 它是一种传送光信号的介质。它的内层是具有较高光波折射率的光导玻璃纤维, 外层包裹着一层折射率较低的材料, 利用光波的全反射原理来传送编码后的光信号。根据光波的传输模式, 光纤主要分为两种: 多模光纤和单模光纤。

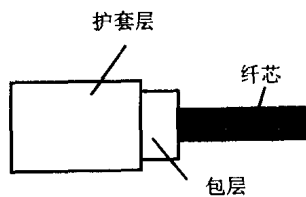


图 1.3.3 光纤

在多模光纤中, 通过多角度地反射光波实现光信号的传输。由于多模光纤中有多个传输路径, 每个路径的长度不同, 通过光纤的时间也不同, 这会导致光信号在时间上出现扩散和失真, 限制了其传输距离或传输速率。

在单模光纤中, 只有一个轴向角度来传输光信号, 或者说光波沿着轴向无反射地直线传输, 光纤起着波导的作用。由于单模光纤只有一个传输路径, 不会出现信号传输失真现象。因此, 在相同传输速率情况下, 单模光纤比多模光纤的传输距离长得多。通常, 单模光纤传输系统的价格要高于多模光纤传输系统。

光纤系统主要由三部分组成: 光发送器、光纤和光接收器。发送端的光发送器利用电信号对光源进行光强控制, 从而将电信号转换为光信号; 光信号经过光纤传输到接收端, 光接收器通过光电二极管再把光信号还原成电信号。

光纤是一种不易受电磁干扰和噪声影响的传输介质, 具有很大的传输带宽, 可进行远距离、高速率的数据传输, 而且具有很好的保密性能。由于光纤的衔接、分岔比较困难, 一般只适合于点到点或环形结构的网络系统中。

由于光纤具有频带宽、传输距离远、抗干扰能力强等优点, 特别适合用来建造高速网络。

1.3.2 无线介质

在不便敷设电缆的场合, 可采用无线介质作为传输信道。常用的无线介质有微波、超短波、红外线以及激光等。

1. 微波通信

微波是一种高频电磁波, 其工作频率为 $10^9 \sim 10^{10}$ Hz。微波通信系统可分为地面微波通信系统和卫星微波通信系统。

地面微波通信系统由视野范围内的两个互相对准方向的抛物面天线组成, 能够实现视野范围内的微波通信。计算机网络主要将地面微波通信系统作为中继链路使用, 以延长网络的传输距离。



卫星微波通信系统由卫星转发器和地面站组成，主要用于实现超远距离的微波通信，比较适合于城市之间以及海上和油田等移动通信的场合，但费用相对高一些。

2. 红外线

红外线的工作频率为 $10^{11} \sim 10^{14}$ Hz。红外线的方向性很强，不易受电磁波干扰。在视野范围内的两个互相对准的红外线收发器之间通过将电信号调制成非相干红外线而形成通信链路，可以准确地进行数据通信。由于红外线的穿透能力较差，易受障碍物的阻隔。因此，比较适合于近距离的楼宇之间数据通信。

3. 激光

激光的工作频率为 $10^{14} \sim 10^{15}$ Hz，其方向性很强，不易受电磁波干扰。但外界气候条件对激光通信的影响较大。如在空气污染、雨雾天气以及能见度较差情况下，可能导致通信的中断。激光通信系统由视野范围内的两个互相对准的激光调制解调器组成，激光调制解调器通过对相干激光的调制和解调，实现激光通信。

4. 扩频无线电

扩频无线电是一种新的民用（不需要许可证）无线通信技术。它采用 900 MHz 或 2.4 GHz 的微波频段作为传输介质，通过先进的直序扩展频谱或跳频方式发射信号，属于带宽调制发射，具有传输速率高、发射功率小、抗干扰能力强以及保密性好等优点。很多无线局域网都采用了扩频无线通信方式。在无线局域网标准 IEEE 802.11 中，推荐了扩频和红外两种无线通信方式，并以扩频通信为主。因此，扩频无线通信方式将成为无线局域网的主流技术。

1.4 拓扑结构

网络拓扑结构是指一个网络中各个节点之间互连的几何构形，即指各个节点之间的连接方式。本节介绍最常见的星型、环型、总线型三种基本的网络拓扑结构，如图 1.4.1 所示。任何一种网络系统都规定了它们各自的网络拓扑结构。通过网络之间的相互连接，可以将不同拓扑结构的网络组合起来，构成一个集多种结构为一体的互联网络。

1. 星型结构

在星型拓扑结构中，每个端点必须通过点到点链路连接到中间节点上，任何两个端点之间的通信都要通过中间节点来进行。在星型结构的网络中，可采用集中式访问控制和分布式访问控制两种控制策略对网络节点实施网络访问控制。

在基于集中式访问控制策略的星型网络中，中间节点既是网络交换设备，又是网络控制器，由它控制各个节点的网络访问。一个端点在传送数据之前，首先向中间节点发出传输请求，经过中间节点允许后才能传送数据。在这种网络系统中，中间节点具有很强的数据交换能力和网络控制能力，系统结构比较复杂，而端点的功能和结构要简单得多。

在基于分布式访问控制策略的星型网络中，中间节点主要是网络交换设备，采用存储-转发机制为网络节点提供传输路径和转发服务。另外，中间节点还可以根据需要将一个节点发来的数据同时转发给其他所有的节点，从而实现“广播式”传输。各个端节点根据网络状态自行控制对网络的访问。目前，大多数基于分组交换的局域网都采用这种网络结构，其已成为网络的主流技术。



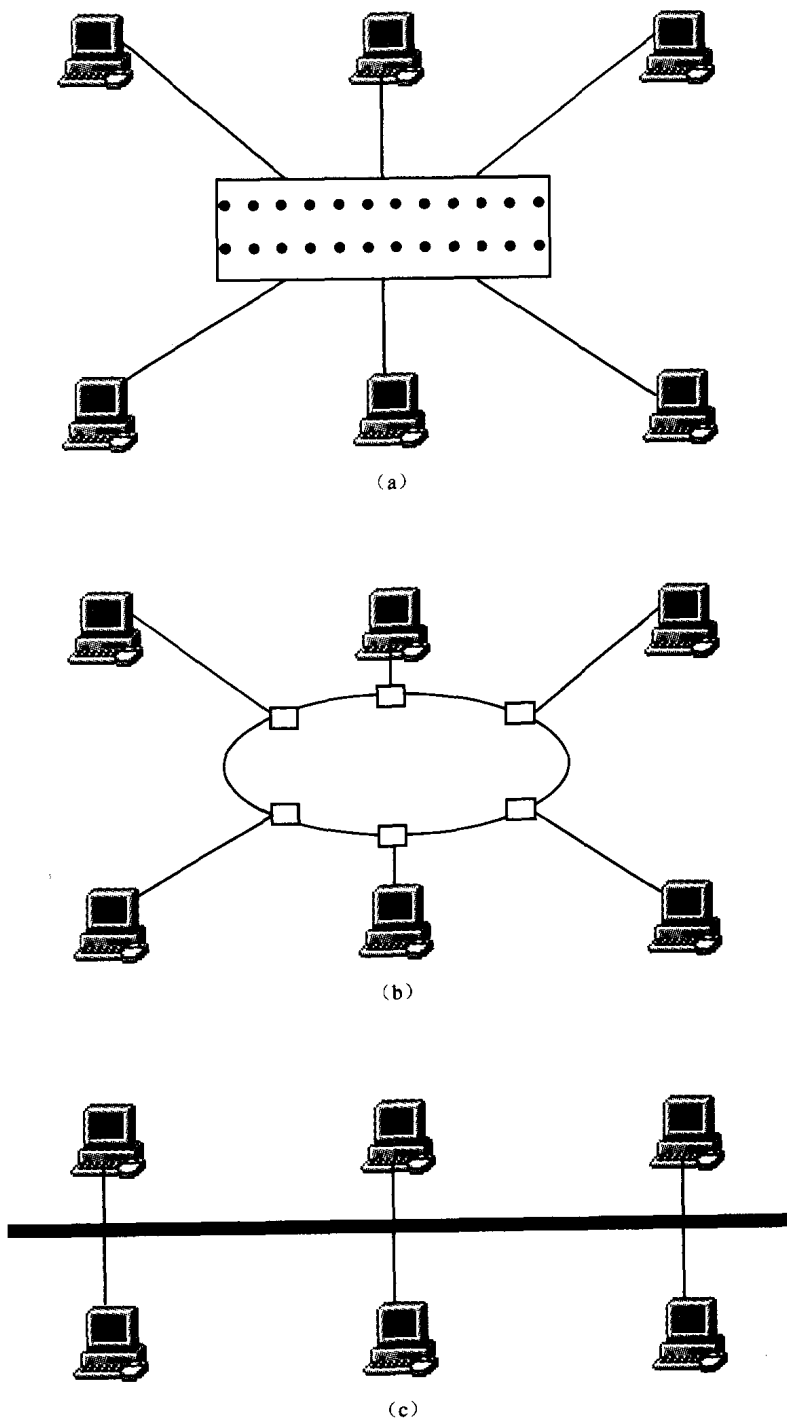


图 1.4.1 常见网络拓扑结构
(a) 星形结构；(b) 环形结构；(c) 总线结构

2. 环型结构

在环型拓扑结构中，各个节点通过中继器连入网络，中继器中间通过点到点链路连接，





使之构成一个闭环的环型网络。发送节点发送的数据帧沿着环路单向传递，每经过一个节点，该节点要判断这个数据帧是否为发给本节点的，如果是，则要将数据帧拷贝下来，然后将数据帧传递到下游节点。数据帧遍历各个节点后，由发送节点将数据帧从环路上取下。通过这种数据帧遍历各个节点来实现“广播式”传输。

由于多个节点要共享同一环路，需要采用某种分布式访问控制策略来控制各个节点对环路的访问，一般采用基于令牌（Token）的控制访问方法。每个节点都有收发控制的访问逻辑，依据一定的规则来控制节点对网络的访问。因此，环型网络的节点结构比较复杂。

典型的环型网络有令牌环（Token Ring）网络和光纤分布式数据接口 FDDI（Fiber Distributed Data Interface）高速局域网等。环型网络的优点是网络的覆盖面积较大，节点的连接能力较强。它的主要缺点是链路可靠性问题，一旦环路上某段链路断开或环路上某个中继器发生故障，都会导致环路的断路，使全网陷于瘫痪。一些网络系统，采用双环结构来解决这个问题。此外，环型链路的维护工作也比较复杂。

3. 总线型结构

在总线型拓扑结构中，网络中所有节点都直接连接到同一条传输介质上，这条传输介质称为总线。各个节点将依据一定的规则分时地使用总线来传输数据。发送节点发送的数据帧沿着总线向两端传播，总线上的各个节点都能接收到这个数据帧，并判断是否为发送给本节点的，如果是，则将该数据帧保留下来，否则将丢弃该数据帧。总线型网络的“广播式”传播是依赖于数据信号沿着总线向两端传播的特性来实现的。

总线型网络中所有的节点共享一条总线，一次只允许一个节点发送数据，其他节点只能处于接收状态。为了使各个节点能够有序而合理地使用总线传输数据，必须采用一种分布式访问控制策略来控制各个节点对总线的访问。典型的总线型网络是以太网（Ethernet）。

综上所述，任何一种网络系统都规定了其网络连接的拓扑结构，并通过相应的介质访问控制方式来控制各个节点有序地使用介质来传送数据。对于数据的接收，则是基于“地址匹配”的规则。网络中的每个节点都分配有惟一的地址码。在每个数据帧中，包含源地址和目的地址，以标识发送数据帧的源节点和接收数据帧的目的节点。当节点接收到一个数据帧后，要比较数据帧的地址是否与本节点相匹配。如果地址匹配，则将数据帧保留下来；否则，该数据帧丢弃。

还有将总线型和星型拓扑结合起来的星型总线结构的拓扑结构。其优点是一台计算机出现故障不影响网络的其他部分，但如果某个集线器出现故障，所有与该集线器直接连接的计算机都不能使用网络，其他网段的计算机需要通过该集线器进行的通信将受到影响。容错能力最强的网络拓扑是网状结构。在这种网络中，网络上的每个计算机（或某些计算机）与其他计算机通过 3 条以上的直接线路连接。如果一个计算机或一段线缆发生故障，网络的其他部分依然可以运行。如果一段线缆发生故障，数据可以通过其他的计算机和线路到达目的计算机。网状拓扑建网费用高、布线困难。通常，这种结构只用于强调网络可靠性的大型网络系统和公共通信骨干网，如帧中继网络、ATM 网络或其他数据包交换型网络。