



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

WANGLUOGONGCHENG YU ZONGHEBUXIAN
SHIYONG JIAOCHENG

网络工程与综合布线 实用教程

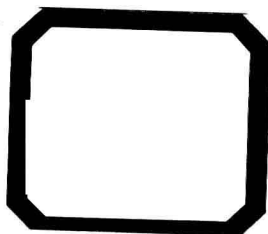
张家超 主 编
何洪磊 董凤服 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等
PUTONG GAO



部级规划教材 (高职高专教育)
JI GUIHUA JIAOCAI

WANGLUOGONGCHENG YU ZONGHEBUXIAN
SHIYONG JIAOCHENG

网络工程与综合布线 实用教程

张家超 主 编
何洪磊 董凤服 副主编
邓 凯 吴国经 主 审



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）。

本书从技术的先进性、实用性出发，用 11 章的篇幅分别介绍了计算机网络的有关知识和工程实践方面的实用技术。其中第 1 章介绍了计算机网络的基本概念和体系结构，第 2、3 章介绍了计算机网络的硬件设备及组网技术，第 4、5、6 章介绍了典型网络操作系统 Windows Server 2003 的特性、安装、管理、服务等，第 7、8 章介绍了 Internet/Intranet 所使用的常用技术，第 9 章介绍了综合布线技术，第 10 章介绍了网络系统集成方面的技术以及应用实例，第 11 章给出了网络工程所需要的 8 个参考实验。

本书不仅可以作为应用型高等院校讲授网络工程与综合布线以及计算机网络技术等课程的教材，亦可以作为应考计算机软件人员水平（资格）考试“网络设计师”和“网络程序员”实践部分的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

网络工程与综合布线实用教程 / 张家超主编. —北京：中国电力出版社，2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5083-7230-3

I. 网… II. 张… III. ①计算机网络—高等学校：技术学校—教材②计算机网络—布线—高等学校：技术学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 126616 号

丛 书 名：普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）

书 名：网络工程与综合布线实用教程

出版发行：中国电力出版社

地 址：北京市三里河路 6 号

邮政编码：100044

电 话：(010) 68362602

传 真：(010) 68316497, 88383619

服务电话：(010) 58383411

传 真：(010) 58383267

E-mail: infopower@cepp.com.cn

印 刷：北京市同江印刷厂印刷

开本尺寸：184mm×260mm 印 张：18 字 数：428 千字

书 号：ISBN 978-7-5083-7230-3

版 次：2008 年 9 月北京第 1 版

印 次：2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数：0001—3000 册

定 价：28.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

计算机网络技术的飞速发展，带来的不仅仅是技术上的更新，也是观念上的快速变革。在教学第一线的教师，经过多年的探索，结合“以服务为需求、以就业为导向，走产学研相结合之路”的高职办学指导思想和培养高素质技能型计算机网络技术专门人才的高职培养目标，以及全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试网络部分的内容，将计算机网络课程的教学分为4个层面的内容。首先是基础知识部分，介绍计算机网络的体系结构等知识；其次是工程技术部分，介绍计算机组网及工程应用方面的知识；第三是网络管理与维护部分，详细介绍目前比较流行的 Internet/Intranet 上常用的网络管理、维护、安全和建站等方面的知识与技术；第四是应用技术部分，介绍常用的网页设计与网络数据库编程等方面的知识和技术应用。《网络工程与综合布线实用教程》就是在这样的背景下产生的。

本书是工程技术部分，共分11章。第1章介绍了计算机网络的基本概念和体系结构，第2、3章介绍了计算机网络的硬件设备及组网技术，第4、5、6章介绍了典型网络操作系统 Windows Server 2003 的特性、安装、管理、服务等，第7、8章介绍了 Internet/Intranet 所使用的常用技术，第9章介绍了综合布线技术，第10章介绍了网络系统集成方面的技术以及应用实例，第11章给出了网络工程所需要的8个参考实验。

本书由张家超主编，何洪磊、董凤服副主编，参加编写的人员还有孙前、马安龙、徐森林、滕步炜、孙博等，全书由张家超负责统稿、定稿。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，在编写过程中，对第一版的内容进行了大幅度的修改和完善，补充了读者提供的大量建议，得到许多高校同行们的大力支持和帮助；出版时也得到中国电力出版社的大力帮助，没有他们热心的支持和辛勤的劳动，本书是不可能出版的，在此，一并表示衷心的感谢。

由于编著者水平及时间有限，书中错漏和不妥之处在所难免，恳请专家和读者批评、指正。

编 者

2008年8月

目 录

前 言

第 1 章 计算机网络基础概述	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.2 网络通信基础知识	8
1.3 网络拓扑结构	16
1.4 网络体系结构	19
1.5 小结	24
1.6 习题	25
第 2 章 网络硬件设备	26
2.1 传输介质——网络连接线	26
2.2 服务器与工作站	37
2.3 网络适配器	39
2.4 集线器	46
2.5 交换机	49
2.6 其他常用网络设备	52
2.7 小结	53
2.8 习题	54
第 3 章 组建局域网物理网络	55
3.1 局域网概述	55
3.2 10Base 以太网的实现	59
3.3 高速以太网与交换以太网组网技术	60
3.4 无线局域网组网技术	63
3.5 网间互联	74
3.6 小结	75
3.7 习题	75
第 4 章 网络操作系统	76
4.1 网络操作系统概述	76
4.2 局域网中网络操作系统的选择	81
4.3 Windows 服务器类型	83
4.4 Windows Server 2003 域控制器的安装	90
4.5 Windows Server 2003 的客户机配置	93
4.6 小结	94

4.7	习题	95
第 5 章	Windows Server 2003 的网络管理	96
5.1	Windows Server 2003 的活动目录	96
5.2	Windows Server 2003 域控制器中用户账号的管理	101
5.3	Windows Server 2003 域控制器中组的管理	106
5.4	Windows Server 2003 网络中共享资源的管理	107
5.5	小结	116
5.6	习题	116
第 6 章	Windows Server 2003 网络服务	117
6.1	安装 Windows Server 2003 的 DHCP、DNS、WINS 组件	117
6.2	Windows Server 2003 的 DNS 服务配置与管理	118
6.3	Windows Server 2003 的 DHCP 服务配置与管理	128
6.4	Windows Server 2003 的 WINS 服务配置与管理	136
6.5	Windows Server 2003 网络邮局	150
6.6	小结	154
6.7	习题	155
第 7 章	Internet	156
7.1	Internet 体系结构	156
7.2	Internet 接入方式	159
7.3	IP 地址	163
7.4	Internet 域名系统	165
7.5	Internet 地址空间的扩展	167
7.6	Internet 的应用	170
7.7	小结	172
7.8	习题	172
第 8 章	Intranet	174
8.1	Intranet 架构	174
8.2	Intranet 与 Internet 的集成	179
8.3	网络地址转换 NAT	188
8.4	虚拟专用网 VPN	190
8.5	防火墙	196
8.6	创建 Web 服务器	200
8.7	创建 FTP 服务器	208
8.8	创建 Mail 邮件服务器	216
8.9	小结	228
8.10	习题	229
第 9 章	建筑与建筑群结构化综合布线系统	230
9.1	概述	230

9.2	综合布线系统的硬件与体系结构.....	237
9.3	结构化综合布线系统应用.....	239
9.4	小结	258
9.5	习题	258
第 10 章	网络系统集成	259
10.1	网络系统集成的要点.....	259
10.2	网络系统集成的软件基础.....	262
10.3	网络管理	266
10.4	网络系统集成实例.....	268
10.5	小结	273
第 11 章	实验指导	274
实验一	双绞线的打线技术.....	274
实验二	Windows Server 2003 操作系统的安装	274
实验三	Windows Server 2003 安全配置与性能优化	275
实验四	Windows Server 2003 的 Internet 连接共享.....	276
实验五	远程管理软件 Pcanywhere 应用	277
实验六	网络管理软件	277
实验七	综合布线	278
实验八	网络集成实验	280
参考文献		281

第 1 章 计算机网络基础概述

1.1 计算机网络的基本概念

计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一，它的产生标志着人类开始迈向一个崭新的信息社会。从工业革命到信息革命，一个根本的变革就是从劳动密集型社会转入到知识密集型社会。在 20 世纪的最后 10 年中，人们惊喜地发现：电话、电视及计算机正在迅速地融合；信息的获取、存储、传送和处理之间的孤岛现象随着计算机网络的发展而逐渐消失；曾经独立发展的电信网、电视网和计算机网将合而为一；新的信息产业正以强劲的势头迅速崛起。因此，在未来社会中，信息产业将成为社会经济中发展最快和最大的部门。为了提高信息社会的生产力，提供一种全社会的、经济的、快速的存取信息的手段是十分必要的，这种手段是由计算机网络来实现的。

1.1.1 计算机网络定义和分类

1. 计算机网络定义

对“计算机网络”这个概念的理解和定义，随着计算机网络本身的发展，人们提出了各种不同的观点。

早期的计算机系统是高度集中的，所有的设备安装在单独的大房间中，后来出现了批处理和分时系统，分时系统所连接的多个终端必须紧接着主计算机。20 世纪 50 年代中后期，许多系统都将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上，这样就出现了第一代计算机网络。

第一代计算机网络是以单个计算机为中心的远程联机系统。典型应用是由一台计算机和全美范围内 2000 多个终端组成的飞机订票系统。

随着远程终端的增多，在主机前增加了前端机（Front-End Processor, FEP）。当时，人们把计算机网络定义为“以传输信息为目的而连接起来，实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统”，这样的通信系统已具备了通信的雏形。

第二代计算机网络以多个主机通过通信线路互联起来，为用户提供服务，兴起于 20 世纪 60 年代后期，典型代表是美国国防部高级研究计划局协助开发的 ARPAnet。

主机之间不是直接用线路相连，而是通过接口报文处理机（Interface Message Processor, IMP）转接后互联的。IMP 和它们之间互联的通信线路一起负责主机间的通信任务，构成了通信子网。与通信子网互联的主机负责运行程序，提供资源共享，组成了资源子网。

20 世纪 70 年代至 80 年代中期，第二代网络得到了迅猛的发展。

第二代网络以通信子网为中心。这个时期，网络概念为“以能够相互共享资源为目的互

联起来的具有独立功能的计算机之集合体”，这形成了计算机网络的基本概念。

第三代计算机网络是具有统一的网络体系结构并遵循国际标准的开放式和标准化的网络。

ISO（国际标准化组织）在 1984 年颁布了 OSI/RM，该模型分为七个层次，也称为 OSI 七层模型，被公认为新一代计算机网络体系结构的基础。

第四代计算机网络从 20 世纪 80 年代末开始，当时局域网技术发展成熟，出现了光纤及高速网络技术、多媒体、智能网络，整个网络就像一个对用户透明的大的计算机系统，发展为以 Internet 为代表的互联网。

正是由于计算机网络是一个迅速发展中的技术，因此作为一个技术术语，也很难如数学概念那样对它下一个严格的定义，国内外各种文献资料上的讲法也不尽一致。一般说来，计算机网络是一个复合系统，它是由各自具有自主功能而又通过各种通信手段相互连接起来以便进行信息交换、资源共享或协同工作的计算机组成的。

从这段话中可以看到三重意思。首先，一个计算机网络中包含了多台具有自主功能的计算机，所谓具有自主功能是指这些计算机离开了网络也能独立运行与工作。从这种含义上看，前面介绍的远程联机系统，由于终端离开了中心计算机就不能独立运行与工作，故不能算是真正的计算机网络，只能看做是其雏形；其次，这些计算机之间是相互连接的，所使用的通信手段可以形式各异，距离可远可近，连接所用的媒体可以是双绞线（如电话线）、同轴电缆（如闭路有线电视所用的电缆）或光纤，甚至还可以是卫星或其他无线信道，信息在媒体上传输的方式和速率也可以不同；最后，计算机之所以要相互连接是为了进行信息交换、资源共享或协同工作。

从概念上说，计算机网络由通信子网和资源子网两部分构成，如图 1-1 所示，图中的 H 代表主机（Host）。图中通信子网负责计算机（即图中 H）间的数据通信，也就是信息的传输。通信子网覆盖的地理范围可能只是很小的局部区域，甚至就在一幢大楼内或一个房间中；也可能是远程的，甚至跨越国界，直至洲际或全球。通信子网中除了包括传输信息的物理媒体外，还包括诸如路由器（Router）、交换机（Switch）之类的通信设备。信息在通信子网中的传输方式可以从源出发，经过若干中间设备的转发或交换，最终到达目的地。通过通信子网互联在一起的计算机则负责运行对信息进行处理的应用程序，它们是网络中信息流动的源与宿，向网络用户提供可共享的硬件、软件和信息资源，构成资源子网。

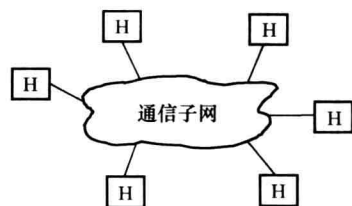


图 1-1 计算机网络的构成

将网络中纯粹负责通信任务的子网与负责应用部分的计算机工作站分离开来，就使得这两部分可以单独规划与管理，使整个网络的设计与运行得以简化。在近程的局部范围内，一个单位可同时拥有通信子网和资源子网，在远程广域范围内则通常是另一种情况。比如说，通信子网可以由政府部门（如邮电部）或某电信经营公司拥有并向社会公众开放服务，如同电话交换网那样。拥有计算机工作站资源的单位如果希望联网的话，只要遵循通信子网所要求的接口标准，提出申请并支付一定的费用，就可以接入该通信子网，利用其提供的服务来实现特定资源子网的数据通信任务。这类通信子网称为公用网，其中传输的是数字化的数据，为了与电话交换网这类的模拟网（传输声音等）区分，它们有时也被称作公用数据网

(Public Data Network, PDN)。

2. 计算机网络分类

可以从不同的角度对计算机网络进行分类。

- 按交换方式可分为电路交换网、分组交换网、帧中继交换网、信元交换网等。
- 按网络的拓扑结构可分为总线型、星型、环型、网状等。
- 按网络覆盖范围的大小, 将计算机网络分为局域网 (LAN)、城域网 (MAN)、广域网 (WAN), 如表 1-1 所示。网络覆盖的地理范围是网络分类的一个非常重要的度量参数, 因为不同规模的网络将采用不同的技术。

表 1-1 多个处理机互联的系统按其大小的分类

处理机之间的典型距离	处理机所在的范围	实 例
0.1m	印制板	数据流计算机
1m	系统	多处理机
10m	房间	局域网、校园网、企业网
100m	建筑物	
1km	校园	
10km	城市	城域网
100km	国家	广域网
1000km	国家、洲	广域网、互联的广域网

局域网 (Local Area Network, LAN) 是指范围在几百米到几十千米内办公楼群或校园内的计算机相互连接所构成的计算机网络。计算机局域网被广泛应用于连接校园、工厂以及机关的个人计算机或工作站, 以利于个人计算机或工作站之间共享资源和数据通信。局域网中经常使用共享信道, 即所有的计算机都接在同一条电缆上。局域网具有高数据传输率 (10Mb/s 或 100Mb/s)、低延迟和低误码率的特点。新型局域网的数据传输率可达每秒千兆位甚至更高。

城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 所采用的技术基本上与局域网相类似, 只是规模上要大一些。城域网既可以覆盖相距不远的几栋办公楼, 也可以覆盖一个城市; 既可以是私人网, 也可以是公用网。城域网既可以支持数据和话音传输, 也可以与有线电视相连。城域网一般只包含一到两根电缆, 没有交换设备, 因而其设计就比较简单。将城域网作为一种网络类型的主要原因是其有标准而且已经实现, 该标准的名称为分布式队列双总线 (Distributed Queue Dual Bus, DQDB), 它现在已经成为国际标准, 编号为 IEEE 802.6。DQDB 的工作范围一般是 160 km, 数据传输率为 44.736Mb/s。

广域网 (Wide Area Network, WAN) 通常跨接很大的物理范围, 如一个国家。广域网包含很多用来运行用户应用程序的计算机集合; 把这些主机连接在一起就是通信子网。通信子网的任务是在主机之间传送报文。在大多数广域网中, 通信子网一般都包括两部分: 传输信道和转接设备。传输信道用于在计算机间传送数据。转接设备是专用计算机, 用来连接两条或多条传输线。当数据从一条输入信道到达后, 转接设备必须选择一条输出信道, 把数据继

续向前发送。

1.1.2 计算机网络的功能和应用

1. 计算机网络的功能

计算机网络的功能可归纳为资源共享、提供人际通信手段、提高可靠性、节省费用、便于扩充、分担负荷及协同处理等方面。这些方面的功能本身也是相辅相成的，下面将分别介绍。

计算机网络最早是从消除地理距离的限制以共享资源而发展起来的。在第一代面向终端的计算机网络中，多个终端通过通信线路共享中心计算机的资源。在第二代计算机网络中，资源子网中的所有主机都可成为网络用户共享的资源。这里，资源可以是硬件，诸如巨型计算机、具有特殊功能的处理部件（如快速傅里叶变换处理器）、高性能的输入/输出设备（如高分辨率的激光打印机、大型绘图仪等）以及大容量的外部存储器等。在一段时间内，曾有一些局域网就是逻辑上以提供共享的硬盘和打印机的服务器为中心连接若干简单的 PC 构成的。共享的资源也可以是软件或数据，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。通过 Internet 可以检索许多联机数据库，包括专利索引、文献索引、新书书目、定期期刊杂志读者指南以及许多著名图书馆的馆藏书目等，这都是数据资源共享的例子。

计算机网络为分布在各地的用户提供了强有力的人际通信手段。通过计算机网络传送电子邮件和发布新闻消息已经得到了普遍的应用。当生活在不同地方的许多个人进行合作时，若其中一个人修改了某些文件，那么其他人通过网络可立即看到这个变化，从而大大地缩短了过去靠信件来往所需要的时间。效率的提高可以轻易地实现过去绝无可能的合作。电子邮件长期以来一直是 Internet 上一项最重要的应用功能，现在许多人的名片上不仅有邮政地址、电话和传真号码，还有电子邮件（E-mail）地址。电子邮件的使用极大地缩短了人际通信的时间和空间距离。Internet 上还有许多特殊兴趣组（Special Interesting Group, SIG），加入了某一组后就能和分布在世界各地的许多人就某一共同感兴趣的课题不断交换意见，并展开讨论。既可以通过网络了解别人的看法，也可以通过网络对别人的看法进行评论与注解以及随时发表自己对有关问题的观点。网络公告牌系统（Bulletin Board System, BBS），也可叫做论坛，从某种意义上也有类似的功能，其作用正如其名，这个网络上的电子公告栏既可供公众阅读，也可张贴布告。

计算机网络中拥有的可替代资源提高了整个系统的可靠性。比如说，存储在某一台计算机中的文件若被偶然破坏了，在网络中的其他计算机中仍可找到副本供使用。又如，某一台计算机失效了，网络中的其他计算机就可承担起它的处理任务，有时性能会降低一些，但系统不会崩溃。这种在故障情况下仍可降格运行的性能对某些如军事、银行、实时控制等可靠性要求高的应用场合非常重要。一般说来，小型计算机比大型计算机有更高的性能价格比。比如说，大型计算机的速度和处理能力可能是微型计算机的数十倍，但价格可能在千倍以上。一百个用户每人拥有一台微型计算机，互联成网络而共享某些资源，就比他们分时共享一台大型计算机的资源要合算得多，既方便又节省费用。这好比用三匹普通的马联合起来拉一辆重马车会比购买一匹昂贵的超级马来拉更经济。

随着工作负荷的不断增长,计算机系统常需要不断扩充。单个计算机系统扩充达到某种极限时,就不得不以更大的计算机来取代它。计算机网络中的主机资源是通过通信线路松耦合的,不受共享存储器、内部系统总线互连等紧耦合系统能力的限制,易于扩充。

计算机网络管理可以在各资源主机间分担负荷,使得在某时刻负荷特重的主机可以将任务送给远地空闲的计算机去处理。尤其对于地理跨度大的远程网,还可利用时间差来均衡日夜负荷的不均现象。

在网络操作系统的合理调度和管理下,一个计算机网络中的各个主机可以协同工作来解决依靠单台计算机无法解决的大型任务,这称为协调计算(Coordinated Computing),也是分布式系统研究的目标之一。计算机支持下的协同工作(Computer Supported Cooperative Work, CSCW)是计算机应用的一个重要研究方向。这些都离不开计算机网络环境。

2. 计算机网络的应用

正因为计算机网络有如此的功能,所以它在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防以及科学研究等领域获得了越来越广泛的应用。工厂企业可用网络来实现生产的监测、过程控制、管理和辅助决策;铁路部门可用网络来实现报表收集、运行管理和行车调度;教育科研部门可利用网络的通信和资源共享来进行情报资料的检索、计算机辅助教育和计算机辅助设计、科技协作、虚拟会议以及远程教育;计划部门可利用网络来实现普查、统计、综合、平衡和预测等;国防工程能利用网络来进行信息的快速收集、跟踪、控制与指挥;商用服务系统可利用网络实现制造企业、商店、银行和顾客间的自动电子销售转账服务或更广泛意义上的电子商务。计算机网络的应用范围极为广泛,难以一一枚举。下面仅举一个航空方面的例子,看一下它是多么离不开计算机网络这样一个现代化的信息处理和传输工具。

航空公司在世界范围的主要城市都设有售票点,各地的售票员应能在旅客在场的情况下了解他所要求的航班的机座情况,这样售出的机票才不会冲突。当旅客不能直达目的地时,还需要及时了解其他航空公司的信息以安排转机。航空公司还可能需要安排到达和离开机场的地面交通、转机旅客的旅馆和货运的调度。为了航班的正确运行,必须随时掌握气象情况、飞机燃料及其他用品的供应、机组人员的搭配和维护日程的安排。当某目标机场因气象原因而关闭时,必须及时通知机长改变降落地点并通知机场作好相应准备。航空公司可能还需要及时了解客流、计算盈亏、掌握营业情况,以确定增减航班及调整飞机的幅度大小。所有这一切都需要有远程快速和精确的信息收集、传递、处理和控制在计算机网络是难以完成的。

以上所述可见,计算机网络的应用已经深入到社会的各个方面。还可以举出许多例子。比如说,1999年我国在政府上网方面迈进了一大步。这一方面可以将许多政务信息、政策法规、办事制度通过网络更快更广泛地向民众宣传,向民众公开;另一方面也可以更及时地获得民众的反馈意见,进一步缩短政府和民众间的距离。而且,通过政府内部网络实现政务办公自动化,逐步向无纸办公的方向发展,也可大大提高政府部门的办事效率,从而更好更有效地为人民服务。又如,社会保障网络的建立,将有利于住房公积金、养老保险金以及医疗保险金等的统一管理、使用与监控,进一步完善我国的社会保障体系。网络的普及与应用也会对每个人的日常生活甚至于娱乐方式产生很大影响,这方面最吸引人的莫过于视频点播

(Video On Demand, VOD), 一旦这项应用服务得以实现并普及(尚需要若干年甚至约十年的时间), 人们就不再需要按照电视台安排的时间和节目表收看电视节目了, 而可以按照个人的爱好, 自己安排时间随时点播大量影视数据库中的节目。新的电影或电视节目还可能是交互式的, 观众可以在某一时刻选择故事情节的发展方向, 以使得其结局成为悲剧或喜剧, 或者留下一个悬念。

1.1.3 计算机网络的组成

像任何计算机系统都是由硬件和软件组成的一样, 完整的计算机网络系统是由网络硬件系统和网络软件系统组成的。根据不同应用的需要, 网络可能有不同的软、硬件配置。

1. 计算机网络的硬件组成

计算机网络硬件系统是由网络服务器、工作站、通信处理设备等基本模块和通信介质组成的。

(1) 服务器。专用服务器的 CPU 速度快, 内存和硬盘的容量高。较大规模的应用系统需要配置多个服务器, 小型应用系统也可以把高档微机作为服务器来使用。根据服务器所提供的不同服务, 可以把服务器分为文件服务器、打印服务器、应用系统服务器、通信服务器等。

(2) 工作站。将计算机通过网络连接起来就成为网络工作站。有些应用系统需要高性能的专用工作站, 如计算机辅助设计需要配置图形工作站。对于一般网络应用系统来说, 工作站的配置比较低, 因为它们可以访问网络服务器中的共享资源。无盘工作站不带硬盘, 这些工作站只能使用网络服务器上的可用磁盘空间。无盘工作站不能自己启动计算机, 所以需要配置带有远程启动芯片的网卡。

(3) 网卡。服务器和工作站均需要安装网卡, 网卡也称为网络适配器, 它是计算机和网络线缆之间的物理接口。网卡一方面将发送给其他计算机的数据转变成在网络线缆上传输的信号发送出去, 另一方面又从网络线缆接收信号并把信号转换成在计算机内传输的数据。数据在计算机内并行传输, 而在网络线缆上传输的信号一般是串行的光信号或电信号。网卡的基本功能是: 并行数据和串行信号之间的转换、数据帧的装配与拆装、网络访问控制和数据缓冲等。

(4) 调制解调器 (Modem)。调制解调器是计算机和远程的网络相连所需的设备。在通过电话线相互通信的计算机双方都要连接调制解调器。发送数据的一方将数字信号加载到模拟信号中(这一过程叫调制), 接收数据的一方从接收到的模拟信号中分离出数字信号(这一过程叫解调)。通信的两端都具备调制和解调的功能, 所以既能发送也能接收数据。

有 3 种调制解调方式: 振幅调制解调 (ASK)、频率调制解调 (FSK) 和相位调制解调 (PSK)。根据调制解调器与计算机连接方式不同, 可分为独立式和内置式两种。从机体角度讲, 独立式 Modem 与计算机是互相独立的, 通过外接线与计算机的串行 COM 端口和电话线相连接; 内置式 Modem 被安装在计算机的扩展槽内, 不占用 COM 端口。

(5) 中继器 (Repeater) 和集线器 (HUB)。要扩展局域网的规模, 就需要用通信线缆连接更远的计算机或设备, 但当信号在线缆中传输时会受到干扰, 产生衰减。如果信号衰减到一定的程度, 将不能被识别, 计算机之间就不能通信, 必须使信号保持原样继续传播才有意义。

中继器可以物理地再生接收到的信号，再将其发送出去，从而使信号可以传输更远的距离。中继器工作于 OSI 模型的物理层，它不转换或过滤任何信息。和中继器连接的网络分支必须使用同样的访问方式。中继器往往配置不同的物理介质端口，例如光纤接口、细同轴电缆接口和双绞线接口等。

集线器一般为有源集线器，它需要打开电源才能工作，属于一种特殊的中继器。除了对数据信号进行整形再生外，集线器对网络安装可以提供装拆和集中管理上的方便，是实现星状拓扑局域网中最常用的设备。集线器一般有 8~16 个端口，端口可以和计算机或其他集线器连接。

(6) 网桥 (Bridge)。网桥也连接网络分支。和中继器不同，网桥工作于 OSI 模型的数据链路层。网桥不仅能再生数据，而且能识别数据的目的节点地址是否属于本网段，如果不属于本网段就将接收的数据发送到其他网段上。某些网桥不能识别网络传输协议的类型，只能在同构网络中作桥接，通常用于连接那些具有相同结构的网络，如两个以太网，或者两个令牌环网。而其他网桥可以实现不同类型的局域网连接，如一个以太网，一个令牌环网。

(7) 路由器 (Router)。路由器工作于 OSI 模型的网络层。路由器能识别数据的目的节点地址所在的网络，并能从多条路径中选择最佳的路径发送数据。路由器还能将通信数据包从一种格式转换成另一种格式，所以路由器既可以连接相同类型的网络，也可以连接不同类型的网络。路由器能够建立路由表，路由表列出了到达其他各网段的距离和位置，通过路由表，路由器能够计算出达到目的节点的最短路径。路由器功能比网桥强大，有更强的异种网络互连能力。

(8) 交换机 (Switch)。交换机是 20 世纪 90 年代出现的新设备。交换这个名词描述了一种设备，该设备可以根据网络信息构造自己的转发表，做出数据包转发决策。交换机通常是指将多协议路由嵌入到硅片上的设备，称为第 2 层交换机。第 2 层交换机是真正的多端口网桥。

第 3 层交换机是实现路由功能的、基于硬件的设备。它能够根据网络层信息对包含网络目的地址和信息类型的数据进行更好地转发和选择优先权工作，还可以运行某些传统的路由协议，从而解决网络“瓶颈”问题。用集成电路实现的第 3 层交换机的运行速度要比路由器快得多，下一代网络的核心将是新一代的交换机。

(9) 通信介质。通信介质是计算机网络中发送方和接收方之间的物理通路。传输过程中会不可避免地产生信号衰减或其他的损耗，而且距离越远衰减或耗损就越大。不同的通信介质传输数据的性能不同。计算机网络通常使用以下几种介质：双绞线、同轴电缆、光纤、无线传输介质（包括微波、红外线和激光）、卫星线路。

2. 计算机网络的软件组成

独立的计算机必须有软件才能运行，计算机网络也必须有网络软件系统才能运行。计算机网络的软件系统比单机的软件系统要复杂得多。计算机网络软件系统包括网络操作系统 (Network Operating System, NOS)、网络应用服务系统等。

网络操作系统是为计算机网络配置的操作系统，网络中的各台计算机都配置有各自的操作系统，而网络操作系统把它们有机地联系起来。网络操作系统除了具有常规操作系统所应具有的功能外，还应具有以下网络管理功能，即网络通信功能、网络范围内的资源管理功能和网络服务功能等。有的网络操作系统是在计算机单机操作系统的基础上建立起来的，有的

网络操作系统把单机操作系统和网络功能结合起来,例如 Windows 98,既可作为单机操作系统,也可以用于建立对等网络;再如 Windows 2000 可以单机运行,同时又是网络操作系统。

在基于服务器的网络中,服务器运行网络操作系统的主要部分,工作站运行网络操作系统的客户端程序,所以有时也称工作站为客户机。

严格地讲,客户机和服务器是针对服务而言的,请求服务的应用系统称为客户机,为其他应用提供服务的应用系统或系统软件称为服务器,这组成了客户机/服务器计算机模式。目前常用的作为服务器的操作系统有 Unix、Windows Server、Linux、NetWare 等。

1.2 网络通信基础知识

1.2.1 信道、带宽、数据传输速率

要进行计算机之间的通信当然要有传输电磁波信号的电路。但在许多情况下,还经常使用“信道(Channel)”这一名词。信道和电路并不等同。信道一般都是用来表示向某一个方向传送信息的媒体。因此,一条通信电路往往包含一条发送信道和一条接收信道。信道可以被看成是一条电路的逻辑部件。

从通信的双方信息交互的方式来看,可以有以下 3 个基本方式。

(1) 单向通信:又称为单工通信,即只能有一个方向的通信而没有反方向的交互。无线电广播或有线电广播以及电视广播就属于这种类型。

(2) 双向交替通信:又称为半双工通信,即通信的双方都可以发送信息,但不能同时发送(也不能同时接收)。这种通信方式是一方发送另一方接收,过一段时间后再反过来。

(3) 双向同时通信:又称为全双工通信,即通信的双方可以同时发送和接收信息。

单向通信只需要一条信道,而双向交替通信或双向同时通信则都需要两条信道(每个方向各一条)。显然,双向同时通信的传输效率最高。

若将数字信号不经调制直接放到模拟信道上进行传输,会引起信号失真(Distortion,又称畸变)。任何实际的模拟信道所能传输的信号频率都有一定的范围,称之为该信道通频带的宽度或称为带宽(Bandwidth),信道的带宽是由传输媒体和有关的附加设备与电路的频率特性综合决定的。例如,一条电话话频线路的带宽常为 4kHz,这是一条低通信道。若对于从 0 到某个截止频率 f_c 的信号通过时振幅不会衰减或衰减很小,而超过此截止频率的信号通过时会大大衰减,则此信道的带宽为 f_c Hz。信道的带宽越宽,则它传输数字信号时失真越小。反之,若信道的带宽是固定的,那么用它来直接传输数字信号的数据速率越高则失真越大。

信道的最大数据速率是受信道带宽制约的。对于这个问题,奈奎斯特(H. Nyquist)和香农(C. Shannon)先后展开了研究,并从不同角度在不同的条件下分别给出了两个著名公式:奈奎斯特公式和香农公式。

奈奎斯特公式给出了无热噪声(热噪声是指由信道中分子热运动引起的噪声,这里假定没有热噪声)时信道带宽对最大数据传输速率的限制,具体为:

$$C=2H\log_2 L \text{ (b/s)}$$

这里, H 是信道的带宽(以 Hz 为单位),而 L 表示某给定时刻数字信号可能取的离散值

的个数, C 是该信道最大的数据传输速率。例如, 若某信道带宽为 4kHz, 任何时刻数字信号可取 0、1、2 和 3 四种电平之一 (即 $L=4$), 则最大数据传输速率为:

$$C=2 \times \log_2 4 \times 4000 = 16000 \text{ (b/s)}$$

香农则进一步研究了受噪声 (服从高斯分布) 干扰的信道情况, 给出了香农公式:

$$C=H \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ (b/s)}$$

这里, S 表示信号功率, N 为噪声功率, S/N 为信噪比。由于实际使用的信道其信噪比都要足够大, 常用 $10 \log_2 (S/N)$ 以及分贝 (Decibel, 记为 dB) 为单位计量, 故在使用上述公式时要特别注意。例如, 信噪比为 30dB、带宽为 4kHz 的信道最大数据传输速率为:

$$C=4000 \times \log_2 \left(1 + 10^{\frac{30}{10}} \right) = 4000 \times \log_2 1001 \approx 40000 \text{ (b/s)}$$

对于以上两个公式我们都不给出证明, 只要求会使用, 有兴趣的读者可查阅其他有关数据通信和信息论的书籍。我们要指出一点, 上述公式计算得到的只是信道数据传输速率的一个上限, 真正要达到它是十分困难的。例如, 在前例所述 30dB、4kHz 的话频信道上, 能直接以 19 200b/s 的速率进行传输就是极好的了。

再说明一点, 一般用带宽来描述模拟信道的容量, 而用数据传输速率来描述数字信道的容量; 但是, 在许多资料上也借用带宽这个词来描述数字信道的容量, 比如说某信道的带宽为 56kb/s, 也就意味着该信道的数据传输速率为 56kb/s。最后, 再介绍一个与数据传输速率密切相关但概念又不同的术语, 即码元速率。在数字传输系统中, 码元速率指的是每秒信号状态变化的次数, 以波特 (Baud) 作为单位。由于某给定时刻信号可能取的离散值个数 (奈奎斯特公式中的 L) 对各个系统可以不一样, 因此码元速率 B 和数据传输速率 C 在数值上不一定相等, 但是它们间有如下关系:

$$C=B \log_2 L$$

例如, 若 $B=600$ 波特, $L=4$, 则数据传输速率为 $C=1200\text{b/s}$ 。在许多场合下, 通常信号只能取两种不同的状态 (即 $L=2$), 此时码元速率 B 和数据传输速率 C 的数值就相等。在这种情况下, 波特和位/秒 (b/s) 这两个单位也就可以混用了。码元速率有时又称为调制速率。

1.2.2 数据传输模式

1. 模拟数据传输和数字数据传输

模拟数据和数字数据的概念是非常简单的。模拟数据在某个区间产生连续的值。例如, 声音和视频就是强度连续变化的信号。大多数用传感器收集的数据, 例如温度和压力, 都是连续值。数字数据产生离散的值, 例如文本信息和整数。

在通信系统中, 利用电信号把数据从一个点传到另一个点。模拟信号是一种连续变化的电磁波, 这种电磁波可以按照不同频率在各种介质上传输; 数字信号是一系列的电压脉冲, 用二进制值 1 来表示恒定的正电压, 用二进制值 0 来表示恒定的负电压。

数字信号发送的最基本优点是比一般模拟信号发送便宜, 而且很少受噪音干扰的影响。最主要的缺点是数字信号比模拟信号易衰减。

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, 因而也可以用其中一种形式

传播。一般来说,模拟数据是时间的函数,并且占有一定的频谱范围。这种数据可以直接用占有相同频谱范围的电磁波信号来表示,最好的例子是声音数据。作为声波,声音数据的频率范围在 20Hz~20kHz 之间。然而,大多数语音能量的范围要窄得多。声音信号的标准频谱是 300~3400Hz,对于清楚地传播声音来说,这个频谱是完全够用的。电话设备就是这样做的。为了使所有的声音以 300~3400Hz 输入,需要产生有相同频率范围的电磁信号。可以用相反的过程把电磁信号转换为原来的声音信号。

利用调制解调器 (Modem),数字数据可以用模拟信号来表示。调制解调器通过一个载波频率把一串二进制(双值)电压脉冲转换为模拟信号。所产生的信号占有以此种载波频率为中心的某一频谱,并且能在适合于此种载波的介质上传播。大多数通用的调制解调器都用音频频谱来表示数字数据,因此能使那些数据在普通的音频电话线上传播;在线路的另一端,调制解调器把信号解调为原来的数据。

与调制解调器完成的操作相类似,模拟数据也可以用数字信号来表示,对于声音数据来说,完成这种功能的是编解码器 (Codec)。实质上,编解码器接收一个直接表示声音数据的模拟信号,然后用二进制位流近似地表示这个信号。在线路的另一端,二进制位流被重新构造为模拟数据。

数字数据也可以直接用两种电平来表示,即用二进制形式表示。然而,为了改变其传播特性,常常对二进制数据进行编码。

模拟信号和数字信号都可以在合适的传输介质上进行传输,但模拟信号和数字信号之间最终还是有差别的。模拟传输是一种不考虑内容的传输模拟信号的方法,信号可以表示模拟数据(例如声音)或表示数字数据(例如通过调制解调器发送的数据)。无论是哪种情况,模拟信号在传输一定的距离之后都将衰减。为了实现长距离传输,模拟传输系统都包括放大器,用放大器来使信号中的能量得到增加。遗憾的是,放大器也使噪音分量增加。如果通过串联放大器来实现长距离传输,那么信号就会产生越来越大的畸变。对于模拟数据(例如声音),可以允许许多位的变形,而且仍然易于理解。但是,对于数字数据来说,串联的放大器将会产生错误。

与此相反,数字传输与信号的内容有关。衰减会危及数据的完整性,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。中继器接收数字信号,把数字信号恢复为 1 和 0 的模式,然后重新传输这种新的信号。这样,就克服了衰减造成的影响。

对于远程通信,数字信号发送不像模拟信号发送那样用途广泛和实用。例如,数字信号不可能用卫星系统和微波系统发送。然而,无论在价格方面还是在质量方面,数字传输都比模拟传输优越,因此,远程通信系统正在使声音数据和数字数据逐步采用数字传输。

2. 基带传输和频带传输

在通信系统模型中,由信源发出的未经变换器变换的原始电信信号称为基带信号,这种信号的频谱范围包括该信号的基本频带,且一般都是从零频附近开始的。如果将这种信号直接通过有线传输,则称为基带传输。

基带传输不论传输能力还是传输手段都是非常有限的。为了能在不同的信道上传输,需要将基带信号进行变换,即用基带信号去控制变更载波(某种可作为信息载体的信号)的某