



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

丛书主编 谭浩强

高等院校计算机应用技术规划教材

应 用 型 教 材 系 列

网络互联设备 实用技术教程

安淑芝 主编



清华大学出版社

TN915.05/40

2008

丛书主编 谭浩强

高等院校计算机应用技术规划教材

应 用 型 教 材 系 列

网络互联设备 实用技术教程

安淑芝 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书本着以实用技术为主的思路,重点讲解在网络互联中广泛使用的交换机和路由器。考虑目前国内使用的交换机和路由器大多采用 Cisco 公司和华为公司的设备,书中实例以这两个公司的产品为主加以讲解。

全书内容分为 4 部分:第一部分介绍计算机网络及互联的基础知识,包括第 1~3 章;第二部分介绍交换机实用技术,包括第 4~7 章;第三部分介绍路由器实用技术,包括第 8~10 章;第四部分包括第 11~12 章,分别介绍简单宽带路由器与小型局域网,网络连接与互联中的故障问题。全书的最后在附录中给出了 Cisco 公司和华为公司互联产品介绍,每一章后面都给出了练习题与实训练习。书中所给出的界面、程序都是通过实验实际获得的,具有可操作性。

本书可以作为高等院校计算机及相关专业的“计算机网络互联”或“计算机网络互联设备”课程的教材,也可以作为计算机网络技术的工程人员的参考读物。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

网络互联设备实用技术教程/安淑芝主编. —北京:清华大学出版社,2008.1

(高等院校计算机应用技术规划教材·应用型教材系列/谭浩强主编)

ISBN 978-7-302-16074-8

I. 网… II. 安… III. 计算机网络—通信设备—高等学校—教材 IV. TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 139117 号

责任编辑:谢琛 赵晓宁

责任校对:时翠兰

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:三河市春园印刷有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:23

字 数:525 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版

印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:018240-01

序

《高等院校计算机应用技术规划教材》

进入 21 世纪,计算机成为人类常用的现代工具,每一个有文化的人都应当了解计算机,学会使用计算机来处理各种的事务。

学习计算机知识有两种不同的方法:一种是侧重理论知识的学习,从原理入手,注重理论和概念;另一种是侧重于应用的学习,从实际入手,注重掌握其应用的方法和技能。不同的人应根据其具体情况选择不同的学习方法。对多数人来说,计算机是作为一种工具来使用的,应当以应用为目的、以应用为出发点。对于应用性人才来说,显然应当采用后一种学习方法,根据当前和今后的需要,选择学习的内容,围绕应用进行学习。

学习计算机应用知识,并不排斥学习必要的基础理论知识,要处理好这二者的关系。在学习过程中,有两种不同的学习模式:一种是金字塔模型,亦称为建筑模型,强调基础宽厚,先系统学习理论知识,打好基础以后再联系实际应用;另一种是生物模型,植物并不是先长好树根再长树干,长好树干才长树冠,而是树根、树干和树冠同步生长的。对计算机应用性人才教育来说,应该采用生物模型,随着应用的发展,不断学习和扩展有关的理论知识,而不是孤立地、无目的地学习理论知识。

传统的理论课程采用以下的三部曲:提出概念—解释概念—举例说明,这适合前面第一种侧重知识的学习方法。对于侧重应用的学习者,我们提倡新的三部曲:提出问题—解决问题—归纳分析。传统的方法是:先理论后实际,先抽象后具体,先一般后个别。我们采用的方法是:从实际到理论,从具体到抽象,从个别到一般,从零散到系统。实践证明这种方法是行之有效的,减少了初学者在学习上的困难。这种教学方法更适合于应用型人才。

检查学习好坏的标准,不是“知道不知道”,而是“会用不会用”,学习的目的主要在于应用。因此希望读者一定要重视实践环节,多上机练习,千万不要满足于“上课能听懂、教材能看懂”。有些问题,别人讲半天也不明白,自己一上机就清楚了。教材中有些实践性比较强的内容,不一定在课堂上由老师讲授,而可以指定学生通过上机掌握这些内容。这样做可以培养学生的自学能力,启发学生的求知欲望。

全国高等院校计算机基础教育研究会历来倡导计算机基础教育必须坚持

面向应用的正确方向,要求构建以应用为中心的课程体系,大力推广新的教学三部曲,这是十分重要的指导思想,这些思想在《中国高等院校计算机基础课程 2006》中作了充分的说明。本丛书完全符合并积极贯彻全国高等院校计算机基础教育研究会的指导思想。

这套《高等院校计算机应用技术规划教材》是根据广大应用型本科和高职高专院校的迫切需要而精心组织的,其中包括 3 个系列:

(1) 应用型教材系列。适用于培养应用性人才的本科院校和基础较好、要求较高的高职高专学校。

(2) 高职高专教材系列。面向广大高职高专院校。

(3) 实训教材系列。应用型本科院校和高职高专院校都可以选用这类实训教材。其特点是侧重实践环节,通过实践(而不是通过理论讲授)去获取知识,掌握应用。这是教学改革的一个重要方面。

本套教材是从 1999 年开始出版的,根据教学的需要和读者的意见,几年来多次修改完善,选题不断扩展,内容日益丰富,先后出版了 60 多种教材和参考书,范围包括计算机专业和非计算机专业的教材和参考书;必修课教材、选修课教材和自学参考的教材。不同专业可以从中选择所需要的部分。

为了保证教材的质量,我们遴选了有丰富教学经验的高校优秀教师分别作为本丛书各教材的作者,这些老师长期从事计算机的教学工作,对应用型的教学特点有较多的研究和实践经验。由于指导思想明确、作者水平较高,教材针对性强,质量较高,本丛书问世 7 年来,愈来愈得到各校师生的欢迎和好评,至今已发行了 240 多万册,是国内应用型高校的主流教材之一。2006 年被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,向全国推荐。

由于我国的计算机应用技术教育正在蓬勃发展,许多问题有待深入讨论,新的经验也会层出不穷,我们会根据需要不断丰富本丛书的内容,扩充丛书的选题,以满足各校教学的需要。

本丛书肯定会有不足之处,请专家和读者不吝指正。

全国高等院校计算机基础教育研究会会长 **谭浩强**
《高等院校计算机应用技术规划教材》主编

2006 年 10 月 1 日于北京清华园

前言

随着计算机网络应用范围的扩大,要求计算机网络的作用范围也越来越大。现在,很少有一个网络独立存在的情况,即使在一个单位内部也是若干个网络(网段)的互联。因此,网络互联技术及互联设备的使用成为使用、管理和设计计算机网络的必备知识。

本书本着以实用技术为主的思路,重点讲解在网络互联中广泛使用的交换机和路由器。考虑目前国内单位的交换机和路由器大多采用 Cisco 公司和华为公司的设备,书中实例以这两个公司的产品为主加以讲解。

全书内容分为 4 部分:第一部分介绍计算机网络及互联的基础知识,包括第 1~3 章;第二部分介绍交换机实用技术,包括第 4~7 章;第三部分介绍路由器实用技术,包括第 8~10 章;第四部分包括第 11~12 章,分别介绍简单宽带路由器与小型局域网,网络连接与互联中的故障问题。全书的最后在附录中给出了 Cisco 公司和华为公司互联产品介绍,每一章后面都给出了练习题与实训练习。读者可以根据需要有选择地阅读。

在讲解交换机和路由器的实用技术时,以它们能做什么(功能)以及如何实现这样一条主线来组织编写内容。书中所给出的界面、程序都是通过实验实际获得的,具有可操作性。

本书由安淑芝主编并统稿,第 1~3 章以及第 11~12 章由安淑芝编写,第 4~7 章由杨杰编写,第 8~10 章由黄彦和杨煜编写。编写过程中,参考了大量的参考资料,在此对这些作者致以诚挚的谢意!

计算机网络与互联技术发展迅速,限于作者的学术水平,本书难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正,作者将万分感谢。

编 者

2007 年 10 月

目录

第1章 计算机网络基础知识	1
1.1 计算机网络的应用	1
1.1.1 计算机网络的应用领域	1
1.1.2 计算机网络的应用范畴	2
1.1.3 计算机网络的作用范围	3
1.2 计算机网络的体系结构	3
1.2.1 计算机网络的分类	4
1.2.2 计算机网络的组成	5
1.2.3 计算机网络的定义	6
1.2.4 TCP/IP 体系结构	6
本章小结	7
练习题	8
实训练习	8
第2章 计算机网络互联基础知识	9
2.1 计算机网络互联概念	9
2.1.1 计算机网络互联的益处	9
2.1.2 计算机网络互联需要解决的问题	10
2.1.3 什么是计算机网络互联	10
2.1.4 IP 地址与子网掩码	11
2.2 如何实现计算机网络的互联	16
2.2.1 计算机网络互联的硬件连接	16
2.2.2 计算机网络互联的协议	20
2.2.3 几种常用的路由协议	20

2.2.4 路由表及构成超网	26
2.2.5 网络互联示例	30
本章小结	32
练习题	32
实训练习	33
 第 3 章 无线网络基础	34
3.1 无线网络的基本概念	34
3.1.1 无线网络的通信介质	34
3.1.2 无线通信的技术	40
3.1.3 无线网络的协议	44
3.2 无线网络连接设备	53
3.2.1 无线网卡	53
3.2.2 无线接入点 AP	54
3.2.3 无线路由器	55
3.2.4 无线天线	55
3.2.5 其他无线设备	56
3.3 无线局域网的组建	57
3.3.1 无线局域网的拓扑结构	57
3.3.2 无线局域网的组网方案	60
本章小结	61
练习题	62
实训练习	62
 第 4 章 交换机基础	63
4.1 交换机概述	63
4.1.1 交换机工作原理	63
4.1.2 交换机的转发方式	65
4.1.3 交换机的分类	66
4.1.4 交换机系统结构	68
4.2 交换机的初始配置	69
4.2.1 通过 Console 口进行配置	69
4.2.2 通过 Telnet 进行配置	73
4.3 交换机的配置视图	77
4.3.1 VRP 平台包括的视图	77
4.3.2 配置方法	78

4.4 交换机命令行操作	79
4.4.1 命令行分级保护	79
4.4.2 命令行在线帮助功能	80
4.4.3 命令行处理和编辑	82
4.4.4 交换机的检查命令	82
4.4.5 交换机的常用命令	88
本章小结	93
练习题	93
实训练习	93
 第5章 交换机的基本技术	94
5.1 交换机端口技术	94
5.1.1 基本的端口配置命令	94
5.1.2 端口自动协商技术	98
5.1.3 网线智能识别技术	103
5.1.4 流量控制技术	105
5.1.5 端口聚合技术	106
5.1.6 端口镜像技术	114
5.2 交换机虚拟专用网 VLAN 技术	116
5.2.1 VLAN 的划分	116
5.2.2 VLAN 数据帧	118
5.2.3 VLAN 端口类型	119
5.2.4 VLAN 的静态配置	120
5.2.5 VLAN 的动态配置	132
本章小结	144
练习题	144
实训练习	144
 第6章 三层交换机的配置	145
6.1 配置 VLAN 间的路由	145
6.2 配置交换机的静态路由	147
6.3 配置交换机的动态路由协议	151
6.4 端口的接入控制	158
本章小结	171
练习题	171
实训练习	172

 第 7 章 交换机的管理	173
7.1 交换机 BootROM 和 VRP 软件版本的升级	173
7.1.1 异步文件传输协议 Xmodem 升级	173
7.1.2 本地连接使用 TFTP 协议进行软件升级	181
7.1.3 本地连接使用 FTP 协议进行软件升级	183
7.1.4 远程连接使用 FTP 协议升级软件	184
7.2 交换机的 MAC 地址表部分管理功能	188
本章小结	192
练习题	192
实训练习	192
 第 8 章 路由器基础	193
8.1 路由器概述	193
8.1.1 路由器工作原理	193
8.1.2 路由器的主要功能	194
8.1.3 路由器的分类	195
8.1.4 路由器的重要技术参数	196
8.2 路由器的初始配置	197
8.3 路由器的命令行界面	204
8.3.1 命令行的基本操作	204
8.3.2 配置主机名和口令	208
8.3.3 路由器的检查命令	210
本章小结	215
练习题	215
实训练习	215
 第 9 章 路由器的一般配置	216
9.1 配置 IP 路由	216
9.1.1 配置路由器的 IP 地址	216
9.1.2 动态路由与静态路由	220
9.1.3 网络地址转换 NAT	224
9.1.4 配置通信数据处理协议 CDP	234
9.2 配置路由选择协议	237
9.2.1 配置静态路由协议	237

9.2.2	配置路由信息协议 RIP	241
9.2.3	配置内部网关路由协议 IGR	245
9.2.4	配置开放最短路径优先协议 OSPF	251
9.3	配置广域网协议	256
9.3.1	帧中继协议配置	256
9.3.2	综合业务数字网 ISDN 的配置	263
9.3.3	数字数据网 DDN 专线的配置	265
9.4	路由器配置文件的管理和口令恢复	266
9.4.1	路由器的配置文件的管理	267
9.4.2	路由器口令的恢复	271
9.4.3	IOS 软件的备份与升级	273
本章小结		275
练习题		275
实训练习		275
 第 10 章	路由器的高级配置	276
10.1	虚拟专用网的配置	276
10.2	配置基于网际协议的语音传输 VOIP	285
10.3	网络安全与访问控制	290
10.3.1	热备份技术	290
10.3.2	访问控制	295
本章小结		302
练习题		302
实训练习		302
 第 11 章	简单路由器与小型局域网络	303
11.1	简单宽带路由器介绍	303
11.1.1	简单宽带路由器分类	303
11.1.2	简单宽带路由器功能	304
11.2	组建小型局域网络	306
11.2.1	简单宽带路由器的安装	306
11.2.2	简单无线宽带路由器的设置	314
本章小结		322
练习题		322
实训练习		323

 第 12 章 网络连接及互联故障	324
12.1 网络连接故障	324
12.1.1 传输介质故障	324
12.1.2 网卡故障	327
12.2 集线器故障	329
12.3 交换机故障	329
12.3.1 交换机硬件故障	330
12.3.2 交换机软件故障	331
12.4 路由器故障	333
12.4.1 路由器硬件故障	333
12.4.2 路由器软件故障	334
12.4.3 路由器诊断命令	334
12.4.4 几种常见故障排除	336
12.4.5 宽带路由器故障	337
本章小结	339
练习题	339
实训练习	340
  附录 A Cisco 公司和华为公司互联设备介绍	341
  参考文献	349

第1章

计算机网络基础知识

人们已经越来越清楚地意识到计算机网络的应用领域越来越广泛,已经渗透到人们生活、工作、生产乃至娱乐的各个方面。这一方面是由于计算机网络技术的发展能够担当越来越多的“重任”,而其使用方法却越来越简单,使得即使不懂得计算机网络甚至不懂得计算机的人也能够很容易上手;另一方面计算机网络的性能虽然不断提高,其价格却越来越低廉。

1.1 计算机网络的应用

计算机网络是计算机技术与通信技术结合的产物,因此计算机网络的飞速发展得益于计算机技术与通信技术的高速发展。可以说,计算机能够应用的领域,计算机网络也都可以应用并有所扩大;通信能够达到的范围,计算机网络也都可以到达。

那么,计算机网络到底可以应用在哪些领域,其应用范围可以有多大?下面具体介绍一下。

1.1.1 计算机网络的应用领域

1. 计算机的应用领域

计算机的应用领域相当广泛,大致包括以下方面。

(1) 科学计算

利用计算机的高速运算、大容量存储和连续运算的能力,可以实现人工无法进行的各种计算。计算机可以应用在工程设计、气象预报、地震预测和火箭发射等许多领域的大量复杂的科学计算。

(2) 数据处理

使用计算机收集、记录数据并经过加工处理而产生新的信息形式的技术称为数据处理。计算机安装了数据库后,可以很灵活地对各种信息按不同的要求进行分类、检索、转换、存储等操作。通过不同的传感部件,计算机除处理各种电信号外,还可以处理声、光、热、力等物理信号。

(3) 过程控制

使用计算机进行过程控制可以实现生产的自动化,设备的自动运行等,可以提高劳动生产率、充分发挥设备潜力、减轻劳动强度、改善劳动条件、保障劳动者安全等。应用领域相当广泛,如各种机器人的控制系统,火力、核动力发电站,各种工厂的生产线,各种设备的控制系统(火箭、锅炉等),各种监测、检测系统(煤矿安全监测等),各种监控系统(火车调度监控等)等。

(4) 计算机辅助系统

计算机可以应用于各种计算机辅助系统,例如:

- 计算机辅助设计(CAD)。
- 计算机辅助教育(CAE)。
- 计算机辅助制造(CAM)。
- 计算机辅助测试(CAT)。

(5) 人工智能

人们充分利用计算机的“聪明才智”模拟、延伸、扩展人类的智力活动,包括知识工程、专家系统、机器翻译、机器学习、模式识别等许多领域。

(6) 管理信息系统

使用计算机及各种相关软件建立各种管理信息系统,应用于各行各业已经是很普遍的事了。随着经济社会的发展,CRM(客户关系管理)、ERP(企业资源规划)等应用于管理系统的软件越来越多。

还有许多应用领域,相信随着计算机技术的发展,应用领域还会不断增加。

2. 计算机网络的应用领域

随着人们活动范围的扩大,计算机技术和通信技术的发展,计算机的所有应用领域已经都需要并能够在计算机网络中实现。

① 协同计算。

计算机的计算速度再快、存储容量再大、运算能力再强,总是有限的。协同计算可以将世界上的千万台计算机联合起来,共同完成一个计算量巨大的计算任务。如2004年具有每秒3.231万亿次计算能力的超级计算机群“南开之星”在南开大学问世,其硬件达到了800个CPU,400个节点。这样的硬件规模是很难用一台计算机实现的。

② 计算机网络环境的数据处理。

③ 计算机网络环境的监控系统。

④ 远程教育系统。

⑤ 电子商务。

⑥ 电子政务。

其他许多基于计算机网络环境的应用领域越来越多。

1.1.2 计算机网络的应用范畴

计算机网络已经渗透到人们生活、工作等各个方面。

1. 与人们生活相关的应用范畴

计算机网络与人们生活紧密相关的应用范畴,包括电子邮件、网上购物、网上聊天、看新闻、读报纸、炒股票、订购车船票和网上学习等。

2. 与人们工作相关的领域

网上办公系统可以解决网上文件发布、网上信息传递、网上信息检索、网上文件审批、网络会议和网络电话等。

3. 与生产相关的领域

基于计算机网络环境的管理信息系统(MIS)、企业资源规划(ERP)等一系列管理系统,以及生产控制、监控和测试系统等。

4. 其他

还有许多方面,几乎可以包括人们生活、工作、娱乐的所有方面。电子政务的出现使得计算机网络的应用范畴扩大到政府工作的领域。如网上纳税、网上领取养老金、网上医疗保险金缴纳或领取,网上报关,政府网上信息发布,政府网上采购等。至于计算机网络应用于军事方面就更不用一一列举了,因为计算机网络就是基于军事的需要而产生的。

1.1.3 计算机网络的作用范围

大家都知道从计算机网络的作用范围分类,可以将计算机网络分为局域网、城域网和广域网三类。有的资料将因特网也算作一种分类,但是因特网不是一个网络,而是千万个各种网络的互联。由此,可以看出,人们应用网络的范围是因应用网络的领域或范畴的不同而不同的。

如果教师在一间多媒体教室上课,此时,只需要将这间多媒体教室的计算机组成一个局域网就可以了。但是,作为一个学校的网上办公系统,就需要在整个校园范围内组成网络。而如果我们需到网上书店去检索和购买图书时,网络作用的范围就需要达到一个城市、一个国家,甚至世界范围。

针对计算机网络的不同作用范围,需要有不同的组网方法,很多情况还需要将多个计算机网络互联。

1.2 计算机网络的体系结构

计算机网络体系结构要解决的问题是如何构建网络的结构,以及如何根据网络结构来制定网络通信的规范和标准。计算机网络通信是一个复杂的过程,计算机网络系统是一个复杂的系统。因此,在研究计算机网络的体系结构问题时采用分层的方法。

1.2.1 计算机网络的分类

从不同的角度可以对计算机网络有不同的分类方法。

1. 按照网络的拓扑结构分类

按照网络的拓扑结构可以分为总线型、星型、环型以及网状型网络。一般,局域网采用总线型、星型和环型的拓扑结构,而广域网采用网状型拓扑结构。但是,随着网络的发展,在一个网络中经常包含多种拓扑结构,或者是某种拓扑结构的扩展,如由星型网络扩展的树型网络结构等。

2. 按照网络的作用范围

按照网络的作用范围的大小依次分为局域网、城域网、广域网和接入网。当然,其大小的划分没有准确的界限。

局域网一般由微型机或工作站通过高速链路组成,作用范围较小,一个学校或企业的内部往往由多个局域网组成,又称为校园网或企业网。

城域网的作用范围介于局域网与广域网之间,可以是几个街区甚至达到一个城市。一般,城域网是广域网和局域网(或校园网、企业网)之间的桥接区。

广域网有时也称为远程网,其作用范围最大,通常为几十到几千公里。广域网是因特网的核心部分。

接入网是局域网(或校园网、企业网)与城域网之间的桥接区。接入网提供多种高速接入技术。

局域网、城域网、广域网与接入网之间的关系如图 1-1 所示。

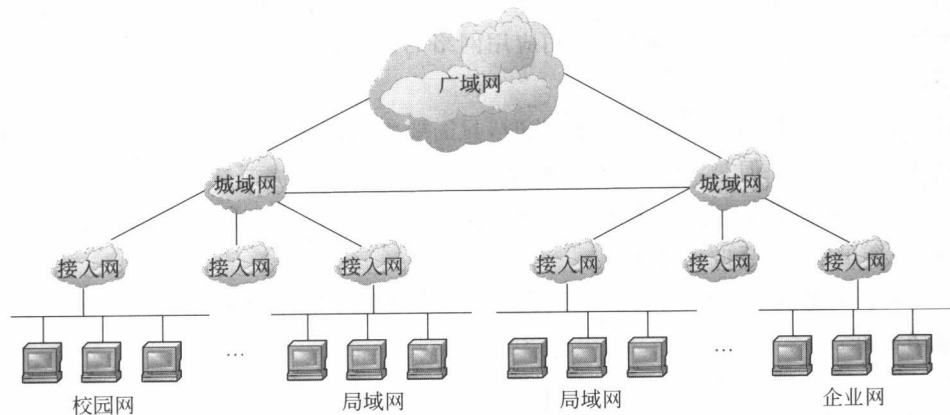


图 1-1 局域网、城域网、广域网及接入网之间的关系

3. 按照网络的使用者

按照网络的使用者可以分为公用网和专用网。公用网也称公众网,一般是由国家的

电信部门建造的大型网络。任何人只要按照电信部门的规定缴纳费用就可以使用。专用网是某个部门为本单位需要而组建的网络,一般不向本单位以外的人提供服务。

1.2.2 计算机网络的组成

计算机网络系统由网络硬件和网络软件两部分组成。在网络系统中,硬件对网络的性能起着决定的作用,是网络运行的载体;而网络软件则是支持网络运行、提高效益和开发网络资源的工具。

1. 网络硬件

网络硬件是计算机网络系统的物质基础,如果要组建一个完整的计算机网络,各种硬件设备如网卡、网络传输介质等是必不可少的。

由于组建计算机网络,主要是将计算机及其附属硬件设备与网络中的其他计算机系统连接起来,从而实现物理上的连接。因此对于不同的计算机网络系统,其在硬件方面的需求也是有差别的。

随着计算机技术和网络技术的发展,网络硬件日趋多样化,且功能更强,结构更复杂。常见的网络硬件有服务器、工作站、网卡(Network Interface Card, NIC)、通信介质及各种网络互联设备,例如集线器(HUB)和交换机(Switch HUB)等。

(1) 局域网和扩展的局域网的硬件组成

一般局域网的组成,包括服务器、客户机、网络传输介质(网线)和网卡;对于扩展的局域网,在物理层的扩展使用中继器和集线器,在数据链路层的扩展使用网桥和交换机。通常,校园网和企业网是扩展的局域网。

(2) 广域网的组成

广域网由一些节点交换机和连接这些交换机的链路组成。广域网一般由国家或较大规模的电信部门出资建造。广域网是因特网的核心部分。连接广域网各节点交换机的链路都是高速链路,其距离可能是几千公里的光缆线路,也可能是几万公里的卫星链路。

广域网通过节点交换机连接,指的是单个网络,在广域网内部没有路由器。如果通过路由器将各种网络互联,虽然其作用范围很大,但这种情况不能称为广域网,而称为互联网。

2. 网络软件

组建一个完整的计算机网络,除需要一些必需的硬件设备外,网络软件也是必不可少的。如果没有网络软件,那么就不可能构成一个真正意义上的计算机网络,也是毫无用途的。网络软件是实现网络功能所不可缺少的软环境。正因为网络软件能够实现丰富的功能,才使得网络应用如此广泛。

计算机网络的软件系统包括网络操作系统(Network Operating System, NOS)和网络通信协议软件,这两种软件是必不可少的。网络通信协议是一种特殊软件,是计算机网络实现其功能的最基本机制。本质是规则,即各种硬件和软件必须遵循的共同守则。并不是一套单独的软件,融合于其他所有的软件系统中,在网络中无处不在。此外根据需要