



高职高专 **立体化教材** 计算机系列

网络互联及路由器技术

WANGLUOHULIAN JI LUYOUQI JISHU

姜大庆 吴 强 主 编
杨明胜 副主编



赠送电子课件及
其他立体化资源



清华大学出版社

高职高专立体化教材 计算机系列

网络互联及路由器技术

姜大庆 吴 强 主 编

杨明胜 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 Cisco2811、3640 路由器和 Catalyst 3560、2960 交换机作为硬件平台,以 Cisco IOS(12.4 版本)作为软件平台,并辅以思科最新发布的 SDM 路由器管理软件,从实际应用的角度介绍了网络互联中相关的路由、交换和远程接入技术。本书在内容的选取、组织和编排上强调先进性、技术性和实用性,淡化理论,突出实践,强调应用。全书共分为 10 章,主要内容包括网络互联基础、路由器基本知识、路由器的基本配置、静态路由的配置和 SDM、动态路由的配置、虚拟局域网、访问控制列表的配置、广域网接入技术。本书每章均配有复习自测题供学生课后复习巩固。书后所附的实训指导有针对性地安排上机实训的内容,使本书更具实用性和实效性。

本书由多年从事计算机网络技术教学工作并富有实际网络工程经验的多位教师编写而成,语言通俗易懂,内容丰富翔实。本书可作为高职高专计算机网络及相关专业的教材,也可作为网络应用技术培训及自学用书。对于从事网络设计、管理和维护的技术人员来说,本书也是一本很实用的技术参考书。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络互联及路由器技术/姜大庆,吴强主编;杨明胜副主编. —北京:清华大学出版社,2008.9

(高职高专立体化教材 计算机系列)

ISBN 978-7-302-18233-7

I. 网… II. ①姜… ②吴… ③杨… III. ①互联网络—高等学校:技术学校—教材 ②计算机网络—路由选择—高等学校:技术学校—教材 IV. TP393 TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 112008 号

责任编辑:石 伟 张 瑜

封面设计:山鹰工作室

版式设计:杨玉兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:山东新华印刷厂临沂厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17.5 字 数:424 千字

版 次:2008 年 9 月第 1 版 印 次:2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00 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:028619-01

《高职高专立体化教材计算机系列》丛书序

一、编写目的

关于立体化教材，国内、外有多种说法，有的叫“立体化教材”，有的叫“一体化教材”，有的叫“多元化教材”，其目的是一样的，就是要为学校提供一种教学资源的整体解决方案，最大限度地满足教学需要，满足教育市场需求，促进教学改革。我们这里所讲的立体化教材，其内容、形式、服务都是建立在当前技术水平和条件基础上的。

立体化教材是一个“一揽子”式的，包括主教材、教师参考书、学习指导书、试题库在内的完整体系。主教材讲究的是“精品”意识，既要具备指导性和示范性，也要具有一定的适用性，喜新不厌旧，内容愈编愈多，本子愈编愈厚的低水平重复建设在“立体化”的世界中将被扫地出门。和以往不同，“立体化教材”中的教师参考书可不是千人一面的，教师参考书不只是提供答案和注释，而是含有与主教材配套的大量参考资料，使得老师在教学能做到“个性化教学”。学习指导书更像一本明晰的地图册，难点、重点、学习方法一目了然。试题库或习题集则要完成对教学效果进行测试与评价的任务。这些组成部分采用不同的编写方式，把教材的精华从各个角度呈现给师生，既有重复、强调，又有交叉和补充，相互配合，形成一个教学资源有机的整体。

除了内容上的扩充，立体化教材的最大突破还在于在表现形式上走出了“书本”这一平面媒介的局限，如果说音像制品让平面书本实现了第一次“突围”，那么电子和网络技术的大量运用就让躺在书桌上的教材真正“活”了起来。用 PowerPoint 开发的电子教案不仅大大减少了教师案头备课的时间，而且也让学生的课后复习更加有的放矢。电子图书通过数字化使得教材的内容得以无限扩张，使平面教材更能发挥其提纲挈领的作用。

CAI 课件把动画、仿真等技术引入了课堂，让课程的难点和重点一目了然，通过生动的表达方式达到深入浅出的目的。在科学指标体系控制之下的试题库既可以轻而易举地制作标准化试卷，也能让学生进行模拟实战的在线测试，提高了教学质量评价的客观性和及时性。网络课程更厉害，它使教学突破了空间和时间的限制，彻底发挥了立体化教材本身的潜力，轻轻敲击几下键盘，你就能在任何时候得到有关课程的全部信息。

最后还有资料库，它把教学资料以知识点为单位，通过文字、图形、图像、音频、视频、动画等各种形式，按科学的存储策略组织起来，大大方便了教师在备课、开发电子教案和网络课程时的教学工作。如此一来，教材就“活”了。学生和书本之间的关系不再像领导与被领导那样呆板，而是真正有了互动。教材不再只为老师们规定什么重要什么不重要，而是成为教师实现其教学理念的最佳拍档。在建设观念上，从提供和出版单一纸质教材转向提供和出版较完整的教学解决方案；在建设目标上，以最大限度满足教学要求为根本出发点；在建设方式上，不单纯以现有教材为核心，简单地配套电子音像出版物，而是

以课程为核心,整合已有资源并聚拢新资源。

网络化、立体化教材的出版是我社下一阶段教材建设的重中之重,作为以计算机教材出版为龙头的清华大学出版社确立了“改变思想观念,调整工作模式,构建立体化教材体系,大幅度提高教材服务”的发展目标。并提出了首先以建设“高职高专计算机立体化教材”为重点的教材出版规划,希望通过邀请全国范围内的高职高专院校的优秀教师,在2008年共同策划、编写这一套高职高专立体化教材,利用网络等现代技术手段实现课程立体化教材的资源共享,解决国内教材建设工作中存在教材内容的更新滞后于学科发展的状况。把各种相互作用、相互联系的媒体和资源有机地整合,形成立体化教材,把教学资料以知识点为单位,通过文字、图形、图像、音频、视频、动画等各种形式,按科学的存储策略组织起来,为高职高专教学提供一整套解决方案。

二、教材特点

在编写思想上,以适应高职高专教学改革的需要为目标,以企业需求为导向,充分吸收国外经典教材及国内优秀教材的优点,结合中国高校计算机教育的教学现状,打造立体化精品教材。

在内容安排上,充分体现先进性、科学性和实用性,尽可能选取最新、最实用的技术,并依照学生接受知识的一般规律,通过设计详细的可实施的项目化案例(而不仅仅是功能性的小例子),帮助学生掌握要求的知识点。

在教材形式上,利用网络等现代技术手段实现立体化的资源共享,为教材创建专门的网站,并提供题库、素材、录像、CAI课件、案例分析,实现教师和学生更大范围内的教与学互动,及时解决教学过程中遇到的问题。

本系列教材采用案例式的教学方法,以实际应用为主,理论够用为度。教程中每一个知识点的结构模式为“案例(任务)提出→案例关键点分析→具体操作步骤→相关知识(技术)介绍(理论总结、功能介绍、方法和技巧等)”。

该系列教材将提供全方位、立体化的服务。网上提供电子教案、文字或图片素材、源代码、在线题库、模拟试卷、习题答案、案例动画演示、专题拓展、教学指导方案等。

在为教学服务方面,主要是通过教学服务专用网站在网络上为教师和学生提供交流的场所,每个学科、每门课程,甚至每本教材都建立网络上的交流环境。可以为广大教师信息交流、学术讨论、专家咨询提供服务,也可以让教师发表对教材建设的意见,甚至通过网络授课。对学生来说,则在教学支撑平台上所提供的自主学习空间来实现学习、答疑、作业、讨论和测试,当然也可以对教材建设提出意见。这样,在编辑、作者、专家、教师、学生之间建立起一个以网络为纽带、以数据库为基础、以网站为门户的立体化教材建设与实践的体系,用快捷的信息反馈机制和优质的教学服务促进教学改革。

本系列教材专题网站: <http://www.lth.wenyuan.com.cn>。

前 言

无论局域网还是广域网，都是由各种路由器和交换机互相连接而成的。对于从事网络规划、设计与管理的专业技术人员来说，必须掌握各种路由器和交换机的配置与管理技能。《网络互联及路由器技术》是计算机网络类专业的主干课程，可以帮助读者系统地学习路由器和交换机的配置与管理。

本书的特色如下。

在编写思想上，以适应高职高专教学改革的需要为目标，以企业需求为导向，充分吸收国外经典教材及国内优秀教材的优点，结合中国高校计算机教育的教学现状，打造立体化精品教材。

在内容安排上，充分体现先进性、科学性和实用性，尽可能选取最新、最实用的技术，并依照学生接受知识的一般规律，通过设计详细并可实施的项目化案例(而不仅仅是功能性的实例)，帮助学生掌握要求的知识点。全书围绕与网络互联相关的路由、交换和远程接入三大技术体系来构建教材内容，书中每章都有知识点导读、学习目标、核心概念、本章小结、课后练习以及实训指导等内容，能够使读者很快掌握校园网、企业网的操作和管理技能。

在教材形式上，利用网络等现代技术手段实现立体化的资源共享，改变国内教材建设工作中存在教材内容的更新滞后于学科发展的状况。我们为教材创建了专门的网站，并提供题库、素材、录像、CAI 课件和案例分析等，使教师和学生更大范围内进行教与学互动，及时解决教学过程中遇到的问题。

本书由多年从事计算机网络技术教学工作、富有实际网络工程经验的教师编写而成。作者根据多年的教学经验和学生的认知规律精心组织教材内容，做到理论与实践相结合、深入浅出、循序渐进。书中的配置与实验均以当前最流行的 Cisco 2811、3640 路由器和 Catalyst 3560、2960 交换机作为硬件平台，以 Cisco IOS(12.4 版本)作为软件平台，辅以思科最新发布的 SDM 路由器管理软件，所有实验均在实际环境中检验通过。在实际教学过程中，教师可能需要对命令和配置进行适当修改，以适应自己学校的不同实验设备和环境。

全书共分 10 章，建议教学时数为 64 课时，其中讲授 32 课时，实验 32 学时。

第 1 章介绍网络互联的结构模型、网络互联设备和 IP 地址的子网规划技术。

第 2 章介绍路由器的基础知识、组成和工作原理。

第 3 章介绍路由器的基本配置和通过命令行配置路由器。

第 4 章介绍配置思科路由器的静态路由和使用 SDM 配置思科路由器的方法。

第 5 章介绍距离矢量路由和链路状态路由的原理以及在思科路由器上配置动态路由的方法。

第 6 章介绍局域网交换的基本原理、方式以及以太网交换机配置技术。

第 7 章介绍虚拟局域网的基本知识、VLAN 中继协议、VLAN 识别以及 VLAN 间的路由选择等概念与操作。

第 8 章介绍冗余链路和生成树协议的原理和配置方法。

第9章介绍访问控制列表的概念以及各类访问控制列表的配置方法。

第10章介绍广域网接入的基本概念以及 HDLC、NAT、PPP、帧中继等广域网接入技术。

本书适用于具有一定计算机网络基础的读者，可作为高职高专计算机及相关专业的教材，也可作为网络应用技术的培训、自学用书，还可供网络管理和维护技术人员参考。

本教材由南通农业职业技术学院的姜大庆、天津渤海职业技术学院的吴强担任主编，参编的还有南通农业职业技术学院的杨明胜。本书的第1、8章由姜大庆编写；第2、3、4、5章由吴强编写；第6、7、9、10章由杨明胜编写。全书由姜大庆负责统稿。在本书编写过程中参考了大量的资料，天津渤海职业技术学院的殷旗和南通农业职业技术学院的邓荣等老师在本书编写过程中自始至终给予帮助与支持，并对本书的编写提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于计算机网络技术发展迅速，加之作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者不吝指正。

编 者

目 录

第 1 章 网络互联基础..... 1

1.1 网络互联的结构模型..... 1

1.1.1 计算机网络的定义与分类..... 1

1.1.2 计算机网络体系结构..... 2

1.1.3 网络互联的结构..... 4

1.2 网络互联设备..... 6

1.2.1 中继器..... 6

1.2.2 集线器..... 7

1.2.3 网桥..... 8

1.2.4 交换机..... 9

1.2.5 路由器..... 10

1.2.6 网关..... 11

1.3 IP 地址与子网规划..... 12

1.3.1 IP 地址..... 12

1.3.2 IP 地址的子网划分..... 17

1.3.3 可变长度子网掩码..... 20

1.3.4 无类别域间路由..... 22

本章小结..... 24

复习自测题..... 25

第 2 章 路由器基础知识..... 27

2.1 路由器概述..... 27

2.1.1 路由器的分类..... 27

2.1.2 思科路由器简介..... 28

2.2 路由器的组成..... 30

2.2.1 路由器的硬件..... 30

2.2.2 路由器接口..... 33

2.2.3 路由器的软件..... 38

2.3 路由器的工作原理..... 39

2.3.1 可被路由协议与路由协议..... 39

2.3.2 路由器的基本工作原理..... 40

2.4 路由协议及算法..... 43

2.4.1 静态路由和动态路由..... 43

2.4.2 路由选择算法的设计目标..... 44

2.4.3 路由选择的度量标准..... 44

2.4.4 距离矢量路由协议..... 45

2.4.5 链路状态协议..... 45

2.4.6 内部网关协议和

外部网关协议..... 46

2.4.7 有类路由协议和

无类路由协议..... 47

2.4.8 常用路由协议及特点..... 47

2.5 思科路由器路由表分析..... 49

本章小结..... 51

复习自测题..... 51

第 3 章 路由器的基本配置..... 53

3.1 配置路由器..... 53

3.1.1 通过控制台接口配置路由器... 54

3.1.2 启动路由器..... 55

3.1.3 系统配置对话..... 56

3.2 通过命令行界面(CLI)方式

配置思科路由器..... 56

3.2.1 思科路由器 CLI 的

各种模式..... 57

3.2.2 帮助和编辑功能..... 59

3.2.3 思科路由器配置的

基本命令..... 63

本章小结..... 78

本章实训..... 79

复习自测题..... 80

第 4 章 静态路由的配置和 SDM..... 82

4.1 配置和调试思科路由器的

静态路由..... 82

4.1.1 常用配置命令..... 82

4.1.2 静态路由配置示例..... 83

4.1.3 默认路由..... 89

4.2 使用 SDM 管理思科路由器..... 89

4.2.1 SDM 的安装..... 90

4.2.2 使用 SDM 连接路由器	90
4.2.3 使用 SDM 管理思科路由器	92
本章小结	98
本章实训	98
实训 1 配置静态路由 1	98
实训 2 使用 SDM 管理路由	99
实训 3 配置静态路由 2	99
复习自测题	103

第 5 章 动态路由的配置105

5.1 距离向量路由协议原理	105
5.1.1 距离向量路由协议的 工作原理	105
5.1.2 路由环路和解决方法	108
5.2 RIP 协议及配置	113
5.2.1 RIP 协议概述	113
5.2.2 思科路由器 RIP 协议的 配置	114
5.3 IGRP 和 EIGRP 协议及配置	120
5.3.1 IGRP 和 EIGRP 协议概述	120
5.3.2 IGRP 和 EIGRP 协议的 配置	120
5.4 链路状态协议原理	123
5.4.1 链路状态协议	123
5.4.2 链路状态协议的工作原理	123
5.5 OSPF 协议及配置	126
5.5.1 OSPF 协议概述	126
5.5.2 OSPF 的基本概念	126
5.5.3 OSPF 的网络类型	127
5.5.4 指定路由器和 备用指定路由器	128
5.5.5 思科路由器单区域 OSPF 的 配置	129
5.5.6 多区域 OSPF	133
5.5.7 思科路由器多区域 OSPF 的 配置	135
5.6 使用 SDM 配置 OSPF 路由	137
本章小结	139
本章实训	139

实训 1 配置 RIP 路由 1	139
实训 2 配置单区域 OSPF 路由	140
实训 3 配置 RIP 路由 2	141
实训 4 配置 EIGRP 路由	144
实训 5 配置单区域 OSPF 路由和 DR 的选取	148
实训 6 配置多区域 OSPF 路由	151
复习自测题	155

第 6 章 局域网交换技术157

6.1 交换机基础	157
6.1.1 交换机的工作原理	157
6.1.2 交换机的基本功能	158
6.1.3 交换机的分类	158
6.1.4 交换机的转发方式	161
6.1.5 交换机的主要技术参数	162
6.2 交换机配置	163
6.2.1 配置交换机的方式	163
6.2.2 交换机的配置模式	165
6.2.3 基于 IOS 的交换机的 常用配置命令	166
本章小结	171
本章实训	171
复习自测题	174

第 7 章 虚拟局域网176

7.1 VLAN 基础	176
7.1.1 VLAN 概述	176
7.1.2 VLAN 的配置	179
7.2 VLAN 中继协议	180
7.2.1 VTP 概述	180
7.2.2 VTP 配置	181
7.3 VLAN 的识别	184
7.3.1 VLAN 的识别方法	185
7.3.2 VLAN Trunk 的配置	187
7.4 VLAN 间的路由选择	189
7.4.1 VLAN 间的路由选择	189
7.4.2 配置 VLAN 间的路由	193
本章小结	196

本章实训	196	复习自测题.....	235
复习自测题	200	第 10 章 广域网接入技术	236
第 8 章 生成树协议.....	202	10.1 广域网概述.....	236
8.1 交换网络中的冗余链路.....	202	10.1.1 广域网的连接.....	236
8.2 生成树协议	203	10.1.2 广域网串行线路标准	237
8.2.1 生成树协议的功能.....	203	10.1.3 广域网的第二层封装	238
8.2.2 生成树协议的原理.....	204	10.2 HDLC 协议的配置	239
8.3 快速生成树协议.....	208	10.2.1 HDLC 简介	239
8.4 VLAN 快速生成树协议.....	211	10.2.2 HDLC 的配置	240
8.5 多实例生成树协议.....	211	10.3 点对点协议(PPP)配置.....	241
8.6 生成树协议的配置命令	212	10.3.1 PPP 协议简介	241
8.7 生成树协议的配置实例	214	10.3.2 PPP 协议的配置	244
本章小结	215	10.4 NAT 技术	246
本章实训	215	10.4.1 NAT 概述	246
复习自测题	217	10.4.2 NAT 配置	249
第 9 章 访问控制列表的配置	219	10.5 帧中继技术.....	253
9.1 访问控制列表	219	10.5.1 帧中继协议概述.....	253
9.1.1 ACL 概述	219	10.5.2 帧中继协议的配置	254
9.1.2 ACL 的工作原理.....	220	本章小结	260
9.2 配置标准访问控制列表.....	221	本章实训	260
9.2.1 标准 ACL 的工作过程.....	221	实训 1 HDLC 和 PPP 封装	260
9.2.2 配置标准 ACL.....	222	实训 2 PAP 认证	262
9.3 配置扩展访问控制列表.....	225	实训 3 CHAP 认证	263
9.3.1 扩展 ACL 的工作过程.....	225	实训 4 配置静态 NAT.....	263
9.3.2 配置扩展 ACL.....	226	实训 5 配置动态 NAT.....	265
9.4 命名的访问列表.....	228	实训 6 配置 NAPT	266
本章小结	230	复习自测题.....	267
本章实训	231	参考文献	268

第 1 章 网络互联基础

目前世界上已经建立了无数的计算机网络，这些网络可能具有不同的物理结构，采用了不同的网络通信协议或标准。网络互联就是运用各种网络硬件和软件技术，把大大小小的网络连接起来，实现各网络之间的互联互通。本章介绍网络互联的模型、设备、IP 地址的规划，以及可变长度子网掩码的应用。对于了解计算机网络技术基础知识的读者，本章可以快速浏览，然后通过练习题进行复习和巩固。如果是网络技术的初学者，就必须认真学习本章，以打下扎实的网络互联技术基础。

完成本章的学习，你将能够：

- 了解网络互联的结构模型
- 了解各种网络互联设备的功能和特点
- 了解 IP 地址的结构、分类以及子网掩码的概念
- 根据实际应用背景进行 IP 地址的子网规划

核心概念：OSI 参考模型、TCP/IP 协议、网络互联设备、IP 地址、网络掩码、VLSM、CIDR。

1.1 网络互联的结构模型

1.1.1 计算机网络的定义与分类

对计算机网络的定义没有统一的标准。在计算机网络发展的不同时期，人们对它有不同的定义。根据当前计算机网络的特点，我们可以将计算机网络定义为利用通信设备和传输线路，将分布在不同地理位置上、功能独立的多个计算机系统连接起来的计算机集合。计算机网络的主要目的是实现资源共享和信息传递。共享的资源包括文件、数据库、应用程序和打印机等。利用计算机网络可以实现高效、快捷的信息传递，例如电子邮件、网上聊天、网络视频会议等。

计算机网络根据所覆盖的地理范围，通常可以分为局域网、城域网、广域网和互联网。

(1) 局域网(Local Area Network, LAN)。指在一个较小的地理范围内存在的网络，一般在同一建筑物、同一单位内分布，网络覆盖的直径通常在几公里以下。局域网常采用同轴电缆、双绞线、光纤等传输介质或无线 IP 技术，其传输速率很高。基于双绞线的局域网的数据传输速率为 10/100/1000Mbps，基于光纤的网络数据传输速率可以达到 100/1000/10000Mbps，无线局域网的数据传输速率常见的有 11Mbps、54Mbps 和 108Mbps 三种。早期使用同轴电缆组建的局域网由于数据传输速率等方面的原因，现在已经很少使用。

目前经常采用的局域网技术有以下几种：以太网(Ethernet)技术、令牌环(Token Ring)技术、光纤分布数据接口(Fiber Distribute Data Interface, FDDI)技术等。

(2) 城域网(Metropolitan Area Network, MAN)。指分布在一个城市里的网络，其覆盖

范围通常为几公里到几十公里。一个城域网可以将散布在城市不同位置的局域网通过专用通信线路连接起来,如连接政府机构、医院、公司的局域网等,这样就可以使这些处于不同地理位置的局域网中的计算机之间实现数据通信。由于城域网中应用了光纤和其他通信技术,所以城域网的数据传输速率越来越高。

城域网采用的标准是分布式队列双总线(Distributed Queue Dual Bus, DQDB),它现在已经成为国际标准,编号为 IEEE 802.6。

(3) 广域网(Wide Area Network, WAN)。一般是指在不同城市之间的 LAN 或 MAN 网络互联,它所覆盖的地理范围可从几百公里到几千公里,可以是几个城市,也可以是一个国家,甚至是一个州或全球范围,如中国公用计算机网(CHINANET)、中国教育与科研计算机网(CERNET)等。因为距离较远,所以一般要向电信服务商租用通信线路来实现网络的构建。广域网所采用的技术与局域网的技术有很大的差别,其数据传输速率也低得多。

(4) 互联网。指由多个网络相互连接构成的网络集合,如局域网和广域网的连接、两个局域网的相互连接或多个局域网通过广域网的连接。目前世界上最大的互联网就是因特网(Internet)。

1.1.2 计算机网络体系结构

计算机网络是一个复杂的系统,相互通信的两个计算机系统必须遵守相同的约定或规则,称为网络协议。目前有各种不同的网络协议,常见的有 TCP/IP 协议、IPX/SPX 协议、NetBEUI 协议等。为了减小协议设计的复杂性,同时也为了清晰地描述网络协议和便于以后扩展,通常把计算机网络按照一定的功能与逻辑关系划分为一种层次结构,网络协议也分层进行描述。这种层次结构对用户来说是“透明”的,他们不必关心网络是如何工作的,就如同用户上网并不需要知道网页是如何生成的那样。计算机网络体系结构就是这种层次结构与协议的集合。

1. OSI 参考模型

为了描述计算机网络体系结构,国际标准化组织(ISO)于 1984 年发布了开放系统互连(OSI)参考模型,它将整个网络划分为七层,如图 1-1 所示。



图 1-1 OSI 参考模型

(1) 物理层。它是整个 OSI 参考模型的最底层,这一层负责在通信信道上传送原始比特流。物理层主要是保证发送方发送的是比特 1,接收方收到的也必须是比特 1 而不是比特 0。该层建立在物理介质上,它定义的是各种机械和电气的接口,主要包括电缆、端口和附属设备,如双绞线、网卡、RJ-45 接口、串口和并口等都工作于该层。

(2) 数据链路层。该层的主要任务是加强物理层的比特传输功能,为网络层提供一条无差错的数据传输线路。它使用物理地址(Media Access Control, MAC)进行寻址,以帧为单位传输数据,在数据帧中包含地址、数据及各种控制信息,确保数据可以安全地到达目的地。具体来说,该层的功能包括建立与释放数据链路连接,封装数据帧、定界、同步,以及差错检测和流量控制等方面。

(3) 网络层。该层要解决网络间而不是同一网段内部的通信问题,因此它主要适用于两个计算机系统处于由不同的路由器分割网段的情况。它的主要功能是确定一个数据包(Packet)从源端到目的端如何选择最佳路由,同时还要解决网络阻塞问题,防止出现网络传输瓶颈。

(4) 传输层。该层解决的是数据在网络之间的传输质量问题,用于提高网络层服务质量,提供可靠的端到端数据传输。它从会话层接收数据,并且必要时把这些数据分割成适合在网络层传输的大小后传送给网络层,再由网络层将数据传送到指定地点。传输层的数据传输单位是段(Segment)。

(5) 会话层。该层用于建立、管理和终止两个通信主机之间的会话。会话可能是一个用户通过网络登录到一台主机,或一个正在建立的用于传输文件的会话。会话层的功能主要有会话连接到传输连接的映射、数据传送、会话连接的恢复和释放等。

(6) 表示层。该层负责管理数据编码方式。如果通信双方使用不同的数据表示方法(如表示文本文件的 ASCII 和 EBCDIC 编码),两者就不能互相理解。表示层就是用于屏蔽这种差异。表示层的功能主要有数据语法转换、语法表示、数据加密和数据压缩等。

(7) 应用层。该层是 OSI 参考模型的最高层,它为用户的应用程序提供网络服务。该层包含用户应用程序执行通信任务所需要的协议和功能,如电子邮件和文件传输等。

在 OSI 参考模型中,各层功能相互独立又相互依赖:各层完成各自的功能,上层无需了解下层的工作方式,一层的变化不会影响另一层的功能;下层为上层服务,上层依赖下层完成其功能。

OSI 参考模型仅仅是一个纯理论分析模型,它本身并不是具体协议的真实分层,因此尽管 ISO 制定 OSI 七层结构的目的是让以后的网络协议遵照该模型来制定,但没有任何一个具体的协议栈具有完整的 7 个功能。

2. TCP/IP 参考模型

TCP/IP 参考模型是由美国国防部(US DOD)开发的一种网络体系结构模型,目前已经发展为一个包含有上千个协议的分层模型,而且已经成为 Internet 上广泛使用的“事实上的标准”。

TCP/IP 参考模型包括 4 个功能层:应用层、传输层、网际层和网络接口层。它与 OSI 七层模型的对照如图 1-2 所示。

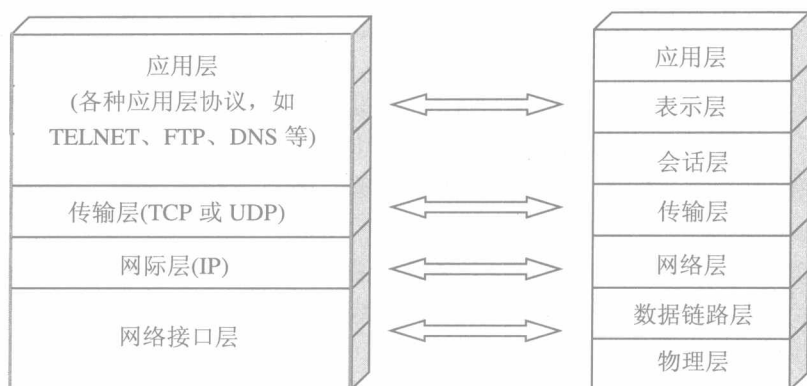


图 1-2 TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型的对比

(1) 应用层。该层涵盖了 OSI 参考模型中最高的三层(应用层、表示层和会话层)的功能,负责处理高层协议和相关表示、编码及会话控制等问题。应用层协议主要有 HTTP、FTP、TELNET、SMTP、DNS 等。

(2) 传输层。该层对应于 OSI 参考模型的传输层。它可以提供源主机到目的主机之间端到端的传输服务,主要包括两个协议:传输控制协议(TCP)和用户数据报协议(UDP)。前者是一种面向连接的传输协议,通信双方在进行数据传输之前要进行一个握手过程,在两者之间建立一个逻辑连接,然后再开始正式的数据传输过程,这样可以确保通信过程的可靠性;后者是一个无连接协议,在进行数据传输之前没有握手过程,发送方直接向接收方发送一个分组,至于这个分组能否被接收方正确接收,只能靠应用层的协议进行控制。

(3) 网际层。该层对应于 OSI 参考模型的网络层,负责数据报文的路由。该层的主要协议包括:网际协议(IP)、地址解析协议(ARP)、逆向地址解析协议(RARP)、Internet 控制信息协议(ICMP)等。

(4) 网络接口层。该层对应于 OSI 参考模型的最低两层(数据链路层和物理层),负责在进行数据分组传送时,建立与网络介质的物理连接。

目前的 TCP/IP 的标准版本是 IPv4。1992 年,由 Internet 工程任务组(IETF)牵头制定了下一代的互联网标准,即 IPv6。现在 IPv6 标准已经开始在 Internet 骨干线路上进行部署,但 IPv4 还不会很快淡出市场,两者会在很长的一段时间共同存在。

1.1.3 网络互联的结构

通过前面的介绍,我们已经了解了局域网的建立方法。目前世界上已经建立了无数的局域网,每个网络所包含的信息也是多种多样,在现实中如果要将这些信息与其他网络进行共享,就会遇到一个新的问题,即如何在网络之间进行通信。这种通信与局域网内部的通信不同,因为局域网内部的通信使用共享的通信介质,所以不存在网络硬件技术的一致性问题,也不存在通信路径的选择问题。由于这些网络可能具有不同的物理结构、协议,也可能采用不同的标准,如果处在不同网络的用户需要进行通信,就需要将这些不兼容的网络通过某种设备连接起来,由这些设备完成相应的协议和标准的转换功能,从而隐藏所有底层网络硬件的细节。另一方面,不同网络之间的通信,中间可能要跨越许多通

信链路及网络,所以还存在一个路径选择的问题。因此,局域网中运行的协议与网络之间通信所运行的协议是不同的。

将多个网络连接在一起的技术称为“网络互联”(Internetworking)。将两个网络连接在一起并保证在两个网络中的主机能够进行相互通信的设备称为互联网网关(Gateway)或互联网路由器(Router)。如图 1-3 所示为使用两个路由器互联的三个网络。



图 1-3 使用两个路由器互联的三个网络

在图 1-3 中,路由器 RTA 直接连接到网络 1 和网络 2 上,并间接连接到网络 3 中,它必须把网络 1 中所有目的地是网络 2 或网络 3 的分组都转发到网络 2 中;同样,RTB 也必须把网络 3 中所有目的地是网络 1 或网络 2 的分组都转发到网络 2 中。这就要求在包含许多网络和路由器的实际互联网中,每个路由器都需要知道它们所连接的网络以外的互联网拓扑结构。实际上,TCP/IP 互联网所使用的路由器通常是微型计算机,它们通常只有很小的磁盘存储器和有限的内存。在转发数据包时,路由器使用的是目的网络,而不是目的主机,这样路由器所要保存的信息数量就与互联网中网络的数量(而不是主机的数量)成正比。

图 1-4 展示了一个典型的企业互联网络。公司的总部最初只建立了几个小型的部门内局域网。随着部门内局域网用户的增多,又增加了集线器和交换机,将局域网分成了数个网段。

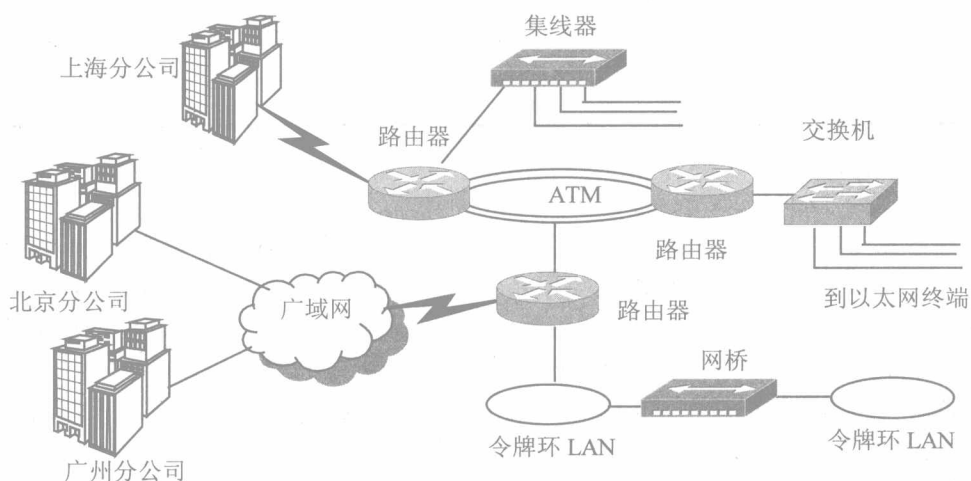


图 1-4 企业互联网络

发展到后来,有必要将这些小型局域网连接在一起。于是就将各个部门的局域网连接到了路由器上,再使用 ATM(异步传送模式)将这些路由器连接起来。随着公司规模

公司的分支机构也需要连接到互联网络。这时,就需要通过广域网使用路由器将这些分支机构连接起来。

由此可知,整个 Internet 是由无数路由器和网络组成的。从用户的角度看 TCP/IP 互联网,每台计算机都被连接到了一个大型网络中。利用特定的硬件、软件和网络协议,位于世界上任何地方的两台主机都可以进行可靠的通信。即使这些主机之间没有直接的连接,也可以通过网络间的通信接力来实现数据分组在网络上的传输。由于路由器在互联网通信中起着关键的作用,所以在后面的章节中会详细讨论路由器的工作原理及其配置方法。

1.2 网络互联设备

用于网络互联的设备有很多种,主要包括中继器、集线器、网桥、交换机、路由器和网关等。这些设备分别工作于 OSI 模型的各层,其对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 网络互联设备与 OSI 模型各层的对应关系

OSI 层名称	该层功能	地址类型	网络互联设备
应用层	为用户提供操作功能		网关(协议转换器)
表示层	提供字符表示、数据压缩和安全性等功能		网关(协议转换器)
会话层	建立、管理和结束会话		网关(协议转换器)
传输层	在应用程序进程之间传输消息	应用程序进程地址(端口)	网关(协议转换器)
网络层	通过网络发送单个数据包	网络地址	路由器、第三层交换机
数据链路层	将数据帧发送到目的节点	网卡地址(硬件地址)	网桥、交换机
物理层	通过物理介质传输表示比特信号		线缆、无线信道、中继器和集线器等

1.2.1 中继器

中继器工作于 OSI 模型的物理层,是最简单的网络互联设备。中继器不关心数据的格式和含义,它只负责复制和增强通过物理介质传输的表示“1”和“0”的信号,借此来延长网络的直径,如图 1-5 所示。如果中继器的输入端收到一个比特“1”,它的输出端就会重复生成一个比特“1”,这样接收到的全部信号就被传输到所有与中继器相连的网段。由于中继器逐比特重复生成接收到的信号,因此它也会重复错误的信号。但是中继器的传输速度很快(在以太网可以达到 10Mbps),而且延迟很小。

中继器可以将局域网的一个网段与另一个网段相连,还可以连接不同类型的物理介质。例如,中继器可以将以太网细缆和非屏蔽双绞线连接在一起。但是由于中继器只是一种信号放大设备,它不能连接两种不同介质的访问类型(数据链路层协议),例如令牌环网和以太网。另外中继器只是物理层设备,它不能识别数据帧的格式和内容,也不能将一种数据链路报头转换成其他类型。

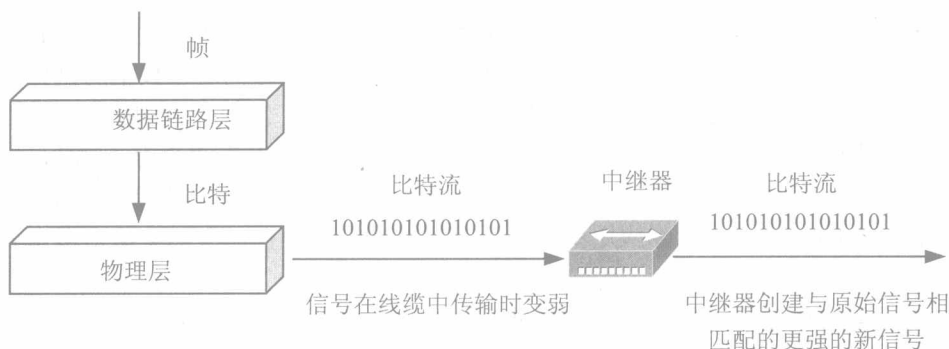


图 1-5 中继器的工作原理

作为以太网的网络互联设备，中继器只适用于较小地理范围内相对较小的局域网（少于 100 个节点）。由于中继器不能隔断局域网网段间的通信，所以不能用它连接负载很大的局域网。中继器会逐比特地将数据复制到所有相连的网段，所有的数据都能双向通过中继器，如果用中继器连接多个局域网网段，由于中继器不能过滤任何数据，所以可能会遇到性能方面的问题。在以太网中有一个“543”标准，它的具体含义就是每个以太网最多可以分成 5 个网段，最多使用 4 个中继器，而且其中只有 3 个网段可以连接计算机。

1.2.2 集线器

集线器也称为 Hub，它是一种特殊的中继器。使用集线器构成的网络呈现星形拓扑结构，集线器作为网络传输介质间的中央节点，它克服了介质单一通道的缺陷。以集线器为中心的优点是当网络系统中某条线路或某个节点出现故障时，不会影响网络其他节点的正常工作。

集线器按总线带宽的不同可分为 10Mbps、100Mbps 和 10/100Mbps 等类型；按照工作方式可分为智能型和非智能型；按照体系结构的不同可分为固定式、模块式、可堆叠式等类型；按照一个集线器所包含的端口数目的不同可分为 4 口、8 口、12 口、16 口、24 口等类型。

集线器也工作于物理层，其主要功能是信号转发，它把从一个端口接收的信号复制、放大后向所有直接连接的端口分发。正因为如此，如果有一台计算机发送信号，其他端口上的所有计算机（甚至连接在其他集线器上的计算机）都能够同时接收到信号，如图 1-6 所示。当一台计算机发送信号时，其他计算机不能同时发送信号，否则就会发生冲突。所以用集线器连接的网络处于同一个冲突域(Collision Domain)中，即集线器不能隔离冲突域。

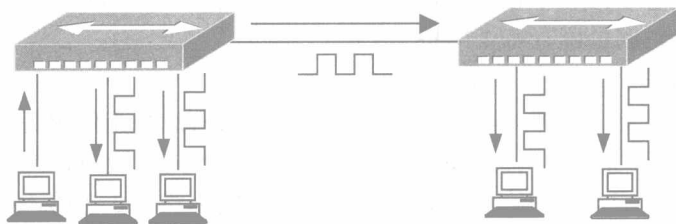


图 1-6 集线器工作原理