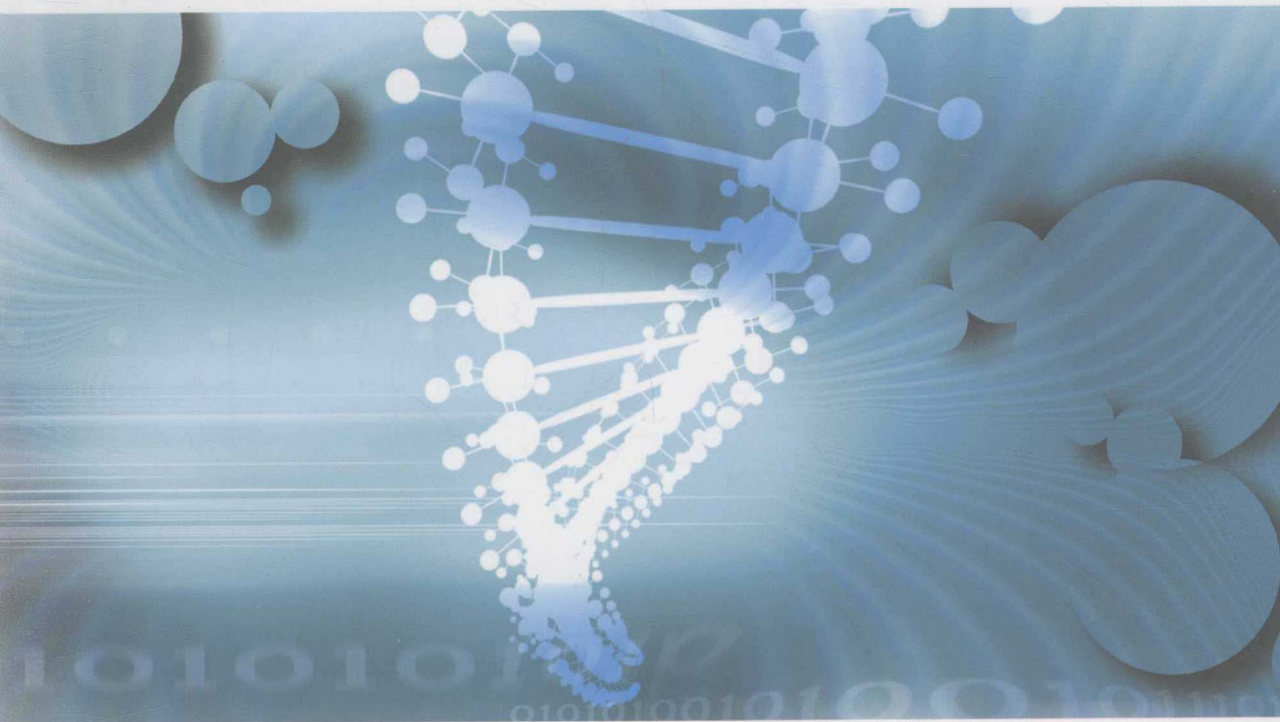


路由与交换技术

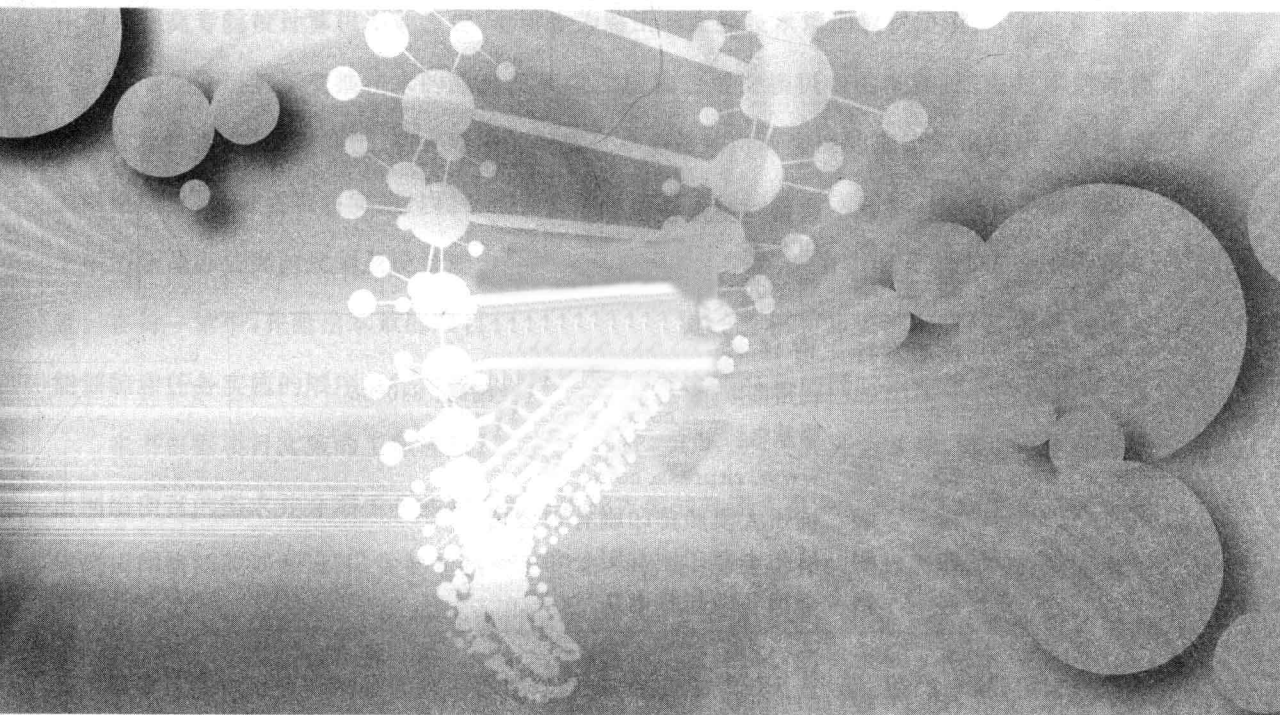
主编 胡 亦



浙江科学技术出版社

路由与交换技术

主编 胡 亦



浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

路由与交换技术 / 胡亦主编. —杭州: 浙江科学技术出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5341 - 4828 - 6

I. ①路… II. ①胡… III. ①计算机网络—路由选择
②计算机网络—信息交换机 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 192269 号

书 名 路由与交换技术
主 编 胡 亦
副 主 编 刘 光 王 梅

出版发行 浙江科学技术出版社
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006
联系电话: 0571 - 85152486

网 址 www.zkpress.com
排 版 杭州大漠照排印刷有限公司
印 刷 杭州丰源印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店

开 本 787×1092 1/16 印 张 13.25
字 数 310 000
版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5341 - 4828 - 6 定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题, 本社负责调换)

责任编辑 张祝娟
责任校对 赵 艳

封面设计 金 晖
责任印务 崔文红

前 言

路由与交换技术是网络建设过程中应用的重要技术,本书是路由与交换技术精品课程的配套教材,是国家示范性高等职业院校计算机网络技术重点专业的特色教材。本书适合作为高职高专院校计算机专业教材,也可作为路由与交换技术培训教材使用。

本书主要讲解了交换技术的原理及其在二层和三层交换机中的配置;路由技术的原理及其在路由器、三层交换机、防火墙中的配置。本书将路由与交换的理论知识融于一个真实的网络项目,通过在项目实施过程中根据实际任务需求适当地引入知识,使读者具备完成一个中型企业办公网的规划及设计能力、网络设备的交换功能、路由功能及基本安全功能的配置。在每一章中,先给出本章的项目任务,然后再按照任务相关知识讲解、任务实施前的技能训练和任务实施的顺序进行内容的展开,使读者在完成的同时掌握相关的理论知识。

本书根据项目实施的工作流程及应用技术的难易程度,一共分为9章,第1章主要是给出网络项目的需求并介绍了一些网络互联基础方面的知识。第2章和第3章主要讲解了如何完成网络的规划和设计,主要包括网络设备的选型、网络拓扑的设计及网络IP地址的规划。第4章主要讲解了如何配置交换设备实现一个基本连通性的内网。第5章讲解了如何在网络中应用一些提高网络性能的技术,如端口聚合用于提升骨干线路的带宽,生成树技术用于避免物理冗余链路中的逻辑环路等。第6章和第7章讲解了如何配置三层交换机和路由器的路由功能及如何管理路由器设备。第8章讲解了如何完成局域网的广域网接入,主要内容为PPP和NAT协议。第9章讲解了如何提高网络的安全性,主要内容为防火墙的配置及ACL的配置。

本书由北京电子科技职业学院胡亦老师担任主编并统稿,刘光、王梅担任副主编。其中,胡亦编写了第1~5章,刘光编写了第6章、第7章,王梅编写了第8章、第9章。

在本书的编写过程中,于京、王彦侠、王瑜、杨永利等同志做了很多实验验证、图表绘制及资料整理工作,在此向他们表示衷心的感谢!

本书为北京市教育委员会“科技创新平台——计算机通信设备开发平台建设”资助项目。

由于编者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,希望读者给予批评和指正。

编著者

2012年8月



第 1 章 项目综述及网络互联基础	1
1.1 项目综述	1
1.1.1 项目需求	2
1.1.2 项目任务分解	2
1.1.3 项目拓扑结构	2
1.2 网络技术基础	3
1.2.1 计算机网络的分类	3
1.2.2 计算机网络的组成	6
1.2.3 网络体系结构	6
第 2 章 网络技术及设备选型	10
2.1 网络技术选型及结构设计	10
2.1.1 理论基础及实例分析	11
2.1.2 技能训练	18
2.2 网络设备选型	19
2.2.1 理论基础及实例分析	19
2.2.2 技能训练	24
2.3 网络设备的连接及网络拓扑图的绘制	24
2.3.1 理论基础及实例分析	24
2.3.2 技能训练	27
2.3.3 项目实战	28
第 3 章 IP 地址及 VLAN 的规划	31
3.1 网络通信中的地址标识	31

3.1.1	理论基础及实例分析	31
3.1.2	知识巩固及技能训练	33
3.2	网络的通信过程及 ARP 协议	34
3.2.1	理论基础及实例分析	34
3.2.2	技能训练	35
3.3	IP 地址的规划	36
3.3.1	理论基础及实例分析	36
3.3.2	知识巩固和技能训练	43
3.4	VLAN 技术及其应用	45
3.4.1	理论基础及实例分析	45
3.4.2	技能训练	47
3.4.3	项目实战	47
第 4 章	局域网设备的连通性配置及调试	50
4.1	网段内通信及网段间广播隔离	50
4.1.1	理论基础及实例分析	50
4.1.2	技能训练	55
4.1.3	项目实战	58
4.1.4	知识与技能拓展	58
4.2	网段间的通信	61
4.2.1	理论基础及实例分析	61
4.2.2	技能训练	62
4.2.3	项目实战	66
4.3	交换机的日常管理	67
4.3.1	理论基础及实例分析	67
4.3.2	技能训练	74
4.3.3	项目实战	77
4.3.4	技能拓展	80
第 5 章	提高局域网的性能	83
5.1	提高局域网的可靠性	83
5.1.1	理论基础及实例分析	83
5.1.2	技能训练	94
5.1.3	项目实战	96
5.1.4	知识与技能扩展	96

5.2 端口聚合	99
5.2.1 理论基础及实例分析	99
5.2.2 技能训练	100
5.2.3 项目实战	101
5.3 动态主机配置协议(DCHP)	101
5.3.1 理论基础及实例分析	101
5.3.2 技能训练	105
5.3.3 项目实战	108
5.4 端口镜像	109
5.4.1 理论基础及实例分析	109
5.4.2 技能训练	111
5.5 端口安全	112
5.5.1 理论基础及实例分析	112
5.5.2 技能训练	113
5.5.3 项目实战	114
第6章 路由器的基本配置及管理	116
6.1 路由器的基本配置	116
6.1.1 相关知识	116
6.1.2 技能训练	124
6.1.3 项目实战	125
6.2 路由器的基本管理	126
6.2.1 相关知识	126
6.2.2 知识与技能训练	139
6.2.3 项目实战	139
第7章 路由功能的配置	141
7.1 路由技术基础	141
7.2 直连路由和静态路由	145
7.2.1 相关知识	145
7.2.2 技能训练	148
7.2.3 项目实战	148
7.3 动态路由——RIP	149
7.3.1 相关知识	149
7.3.2 技能训练	155

7.4 动态路由——OSPF	156
7.4.1 相关知识	156
7.4.2 技能训练	169
第8章 广域网接入及 NAT 技术	172
8.1 广域网协议及其配置	172
8.1.1 理论基础及实例分析	172
8.1.2 技能训练	175
8.1.3 拓展任务	176
8.2 NAT 技术及其配置	177
8.2.1 理论基础及实例分析	177
8.2.2 技能训练	179
8.2.3 项目实战	181
第9章 提高整体网络的安全性	184
9.1 利用访问控制列表提高网络的安全性	184
9.1.1 相关知识	184
9.1.2 技能训练	189
9.1.3 项目实战	193
9.2 防火墙的配置	194
9.2.1 相关知识	194
9.2.2 技能训练	199
9.2.3 项目实战	201

第 1 章

项目综述及网络互联基础

本章目标

1. 了解本书项目的总体需求
2. 了解网络的分类
3. 了解网络的主要拓扑结构
4. 熟悉网络的组成结构
5. 熟悉 OSI/RM 参考模型
6. 熟悉数据封装与解封
7. 熟悉 TCP/IP 协议体系及各层的主要协议

项目任务

分析项目需求

随着网络信息化的普及,各企业都建设了自己的办公局域网,主要目的是实现办公自动化及 Internet 接入。还有一些企业通过在局域网中架设服务器来发布企业网站及提供内部的 FTP 服务等功能。本教材以某中型企业办公网项目为载体,重点讲解该项目的网络规划和设备配置及调试过程,围绕具体项目任务引入相关网络知识,使理论与实践紧密地结合起来。

1.1 项目综述

本项目内容是关于某个典型的中型企业办公网的建设。该网络建设的主要目的有 3 个:① 实现内部资源的共享,如打印机共享、文件资源共享等。② 实现各种网络服务的访问和网络版软件的使用,如 WWW 服务的访问、办公自动化软件的使用。③ 实现内部局域网的 Internet 接入。

1.1.1 项目需求

随着某电信工程公司规模不断扩大,为了满足企业办公自动化的要求,需要新建一个办公局域网。该公司共有 5 个部门:工程部和技术支持部在第一层,每个部门有 30 个信息点;市场部、总务部、财务部与各部门的部门经理办公室及公司的总经理办公室在第二层,其中市场部和总务部各有 20 个信息点,财务部有 6 个信息点,各部门经理和总经理办公室各有 1 个信息点。第二层有一个会议室,会议室有 2 个信息点。房间内的计算机都是直接连在信息点上的。

假如你是公司的网管,需要根据以下要求完成网络技术及设备选型、IP 地址规划和网络设备配置及调试工作。综合布线工程将外包给专业的综合布线公司来完成。网络的总体需求如下:

- (1) 网络主要用于满足日常办公需求,如资源共享、文件传输、OA 系统等。
- (2) 连入 Internet,用于收发电子邮件、浏览新闻、查找网络资料等。
- (3) 在局域网内架设 FTP 服务器、WWW 服务器和 DNS 服务器。其中,FTP 服务器用于向内网提供文件共享和文件存储服务;WWW 服务器用于向外发布公司的网站,WWW 服务器放置在防火墙的 DMZ 区域。
- (4) ISP 分配的公网地址为 116.3.4.0/28。
- (5) 网络设备选型要充分考虑企业未来的规模和业务增长需求。
- (6) 为了减少广播类病毒和减小广播风暴的危害,每个部门在独立的广播域中,所有的部门经理和总经理在一个广播域中,会议室在一个广播域中。
- (7) 会议室采用动态分配 IP 地址的方式,其他主机配置静态地址。
- (8) 要求总经理办公室的端口进行 MAC 地址与端口绑定,只允许一台指定的计算机连入该接口。
- (9) 为了安全起见,所有的部门不能访问财务部。

1.1.2 项目任务分解

网络项目的实施过程总体上分为规划、实施和测试 3 个阶段,本书根据项目实施的工作过程及学生对技术的认知规律,将整个项目的实施过程分成了 8 个学习情境。学生通过对 8 个学习情境的学习逐渐具备规划和实施一个高效、稳定和安全的中型企业办公网的能力。8 个学习情境依次为:① 网络技术及设备选型。② 网络 IP 地址的规划。③ 交换设备的基本配置及调试。④ 提高内部局域网的性能。⑤ 路由设备的配置及调试。⑥ 广域网接入技术及配置。⑦ 提高网络的安全性。⑧ 网络的整体测试。

1.1.3 项目拓扑结构

在项目规划阶段,首先需要完成网络拓扑图的绘制,在本书第 2 章“网络技术及设备选型”中,将讲解如何利用 Visio 软件绘制网络拓扑结构图。图 1-1 是某中型企业办公局域网的典型网络拓扑结构图。

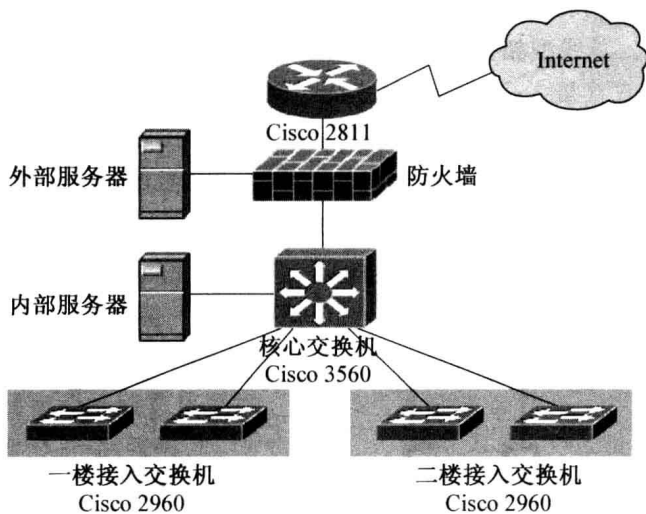


图 1-1 某中型企业办公局域网的典型网络拓扑结构图

1.2 网络技术基础

在学习本课程前,要求学生具备完成规划和建设小型局域网所需的基础理论知识,如网络的分类、网络的拓扑结构、网络的组成结构、网络的协议体系等。为了帮助读者顺利地学习本书的内容,下面对本课程的预备知识进行简要介绍,读者可以通过课后习题检验自己对预备知识的掌握情况,从而判断自己能否进入下一章的学习内容。

1.2.1 计算机网络的分类

1. 按照地理范围分类

根据网络作用的地域范围对网络进行分类,计算机网络可以分为局域网、城域网和广域网 3 类。

(1) 局域网(Local Area Network, LAN)。一般通过专用高速通信线路将许多台计算机连接起来,速率一般在 10 MB/s 以上,甚至可达 1000MB/s,但在地理上则局限在较小的范围(如一个建筑物、一个单位内部或者几千米左右的一个区域)内。

(2) 城域网(Metropolitan Area Network, MAN),也称市域网。城域网的作用范围在广域网和局域网之间,为 5~100 km。其传输速率一般在 100 MB/s 以上。

(3) 广域网(Wide Area Network, WAN)。广域网的作用范围通常为几十到几千千米。广域网有时也称为远程网。

2. 按照拓扑结构分类

网络拓扑是由网络节点设备和通信介质构成的网络结构图。在计算机网络中,以计算机作为节点、通信线路作为连线,可构成不同的几何图形,也就是网络的拓扑结构。网络拓扑结构对网络采用的技术、网络的可靠性、网络的可维护性和网络的实施费用都有重大的影

响。常见的网络拓扑结构有总线型、星型、环型和网状等。

(1) 总线型拓扑。总线型拓扑采用单根传输线作为传输介质,它将所有入网的计算机通过相应的硬件接口直接接入一条通信线路上。为了防止信号反射,一般在总线两端连有终结器匹配线路阻抗。如图 1-2 所示为总线型拓扑。如 10Base-5、10Base-2 等以太网技术都采用总线型拓扑,所有端节点都连接到传输介质或称总线上。任何一个节点发送的信息都可以沿着介质传播,而且能被所有其他的节点接收。由于所有的节点共享一条公用的传输链路,所以一次只能有一个设备传输数据。通常采用分布式控制策略来决定下一次哪一个节点发送信息。



图 1-2 总线型拓扑

总线型拓扑的优点是:结构简单,实现容易,易于安装和维护,价格相对便宜,用户节点入网灵活。

总线型拓扑的缺点是:同一时刻只能有两个网络节点相互通信,网络延伸距离有限,网络容纳节点数有限;由于所有节点都直接连接在总线上,因此任何一处出现故障都会导致整个网络瘫痪。这种拓扑结构目前已经不采用。

(2) 星型拓扑。星型拓扑是以一个节点为中心的处理系统,各种类型的入网计算机均与该中心节点通过物理链路直接相连,其他节点间不能直接通信,通信时需要通过该中心节点转发,如图 1-3 所示。星型拓扑以中央节点为中心,执行集中式通信控制策略,因此,中央节点相当复杂,而各个节点的通信处理负担都很小,又称集中式网络。常见的中央节点如集线器、交换机等。

星型拓扑的优点是:结构简单,管理方便,可扩充性强,组网容易。利用中央节点可方便地提供网络连接和重新配置,而且单个连接点的故障只影响一个设备,不会影响全网,容易检测和隔离故障,便于维护。

星型拓扑的缺点是:由于其属于集中控制,主节点负载过重,如果中央节点产生故障,则全网不能工作,所以对中央节点的可靠性和冗余度要求很高。

当星型结构的中心有两个或者两个以上的设备时,这种拓扑结构称为扩展星型拓扑,如图 1-4 所示,这在目前的局域网中被广泛采用。

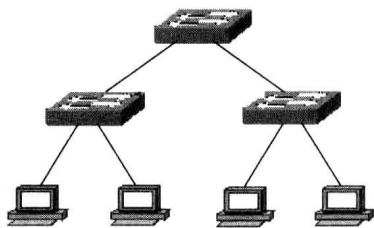


图 1-3 星型拓扑

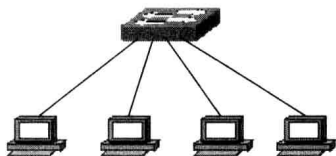


图 1-4 扩展星型拓扑

(3) 环型拓扑。环型拓扑是将各台联网的计算机用通信线路连接成一个闭合的环。如图 1-5 所示,它是一个点到点的环路,每台设备都直接连接到环上,或通过一个分支电缆连到环上。在环型结构中,信息按固定的方向流动,或按顺时针方向,或按逆时针方向。如 Token Ring 技术、FDDI 技术等均采用环型拓扑。

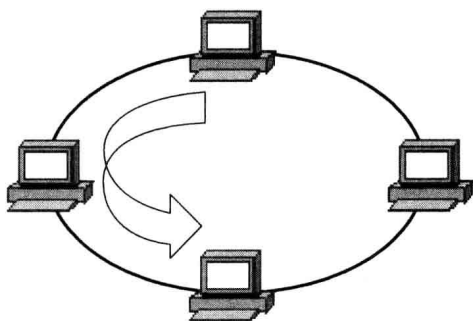


图 1-5 环型拓扑

环型拓扑的优点是:一次通信信息在网上传输的最大传输延迟是固定的,每个网上的节点只与其他两个节点通过物理链路直接互联。因此,其传输控制机制较为简单,实时性强。

环型拓扑的缺点是:环中任何一个节点出现故障都可能会终止全网运行,因此可靠性较差。为了克服可靠性较差的问题,有的网络采用具有自愈功能的双环结构,一旦一个节点不工作,可自动切换到另一环路上工作。此时,网络需对全网进行拓扑和访问控制机制进行调整,因此较为复杂。

(4) 网状拓扑。网状拓扑分为全连接网状和不完全连接网状两种形式。在全连接网状结构中,每一个节点和网中其他节点均通过链路连接。在不完全连接网状拓扑中,两节点之间不一定通过直接链路连接,它们之间的通信依靠其他节点进行转接。

这种拓扑的优点是:节点间路径多,碰撞和阻塞可大大地减少,局部的故障不会影响整个网络的正常工作,可靠性高;网络扩充和主机入网比较灵活、简单。但这种网络关系复杂,建网和网络控制机制复杂。在广域网中,一般采用不完全连接网状拓扑,如图 1-6 所示。

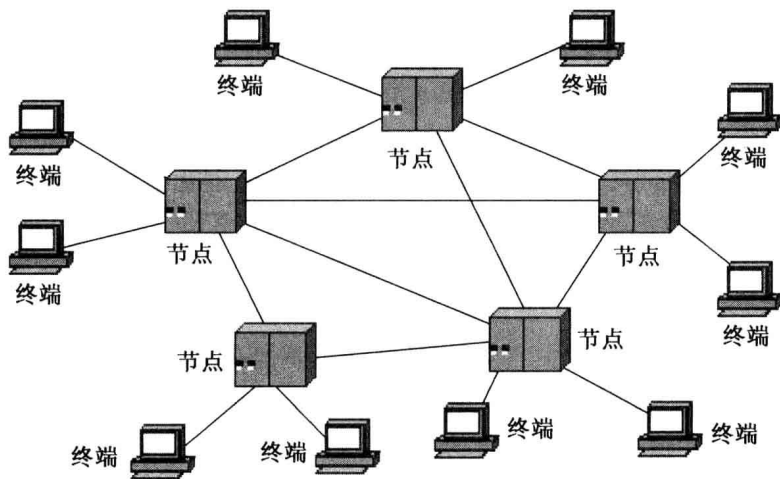


图 1-6 网状拓扑

以上介绍的是最基本的网络拓扑结构,在组建局域网时我们常采用星型、环型、扩展星型等拓扑结构。网状拓扑在广域网中比较常见。但是,在一个实际的网络中,可能是上述几种网络拓扑结构的混合。

在选择拓扑结构时,主要考虑的因素有:安装的相对难易程度、重新配置的难易程度、

维护的相对难易程度、通信介质发生故障时受到影响的设备的情况、费用等。

3. 按照接入访问控制协议分类

按照接入访问控制协议对网络进行分类,也是一种常用的方法,尤其是在局域网中。按照接入访问控制协议分类,一般都是指网络使用的底层协议,例如局域网中主要有以太网、FDDI、ATM、令牌环等。其中,目前广泛应用的是以太网,所有采用 CSMA/CD 协议作为介质访问控制协议的网络均称为以太网。

1.2.2 计算机网络的组成

计算机网络的组成部分主要包括硬件部分和软件部分。硬件部分主要包括主机、服务器、传输介质和网络互联设备;软件部分主要包括网络操作系统、网络通信协议以及网络应用软件等。

按功能的不同,计算机网络可以分成通信子网和资源子网两个部分。通信子网主要负责信息的传递;资源子网主要负责信息的处理和提供共享资源。在通信子网中,主要包括交换机、路由器等网络互联设备;在资源子网中,主要包括服务器、个人计算机和打印机等终端设备。

1.2.3 网络体系结构

世界上第一个网络体系结构由 IBM 公司提出(1974 年,SNA),以后其他公司也相继提出了自己的网络体系结构,如 Digital 公司的 DNA、美国国防部的 TCP/IP 等。多种网络体系结构并存,其结果是若采用 IBM 的结构,只能选用 IBM 的产品,只能与同种结构的网络互联。

为了促进计算机网络的发展,国际标准化组织 ISO 于 1977 年成立了一个委员会,在现有网络的基础上,提出了不基于具体机型、操作系统或公司的网络体系结构,称为开放系统互联参考模型(Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM)。

将网络的通信协议进行分层有很多优点,主要优点如下:

(1) 开放的标准化接口。通过规范各个层次之间的标准化接口,使各个厂商可以自由地生产出网络产品,这种开放给网络产业的发展注入了活力。

(2) 多厂商兼容性。采用统一的标准的层次化模型后,各个设备生产厂商遵循标准进行产品的设计开发,有效地保证了产品间的兼容性。

(3) 易于理解、学习和更新协议标准。由于各层次之间相对独立,使得讨论、制定和学习协议标准变得比较容易,某一层次协议标准的改变也不会影响其他层次的协议。

(4) 实现模块化工程,降低了开发实现的复杂度。每个厂商都可以专注于某一个层次或某一模块,独立开发自己的产品,这样的模块化开发降低了单一产品或模块的复杂度,提高了开发效率,并降低了开发费用。

(5) 便于故障排除。一旦发生网络故障,可以比较容易地将故障定位于某一层次,进而快速地找出故障根源。

虽然 OSI/RM 是国际标准,但由于它出现的时间晚于已经具体实现的 SNA、DNA 及 TCP/IP 等,再加上 OSI/RM 自身存在的缺点,在它推出将近 20 年后,并没有出现一统天下

的局面。随着 Internet 在全球范围内的不断普及,遵循 TCP/IP 的网络越来越多,TCP/IP 成为事实的标准而被广泛应用。

OSI/RM 虽然没有被实际应用,但它是目前应用的协议体系的参考标准,很多协议体系与它都有对应的关系,因此下面我们先来学习 OSI/RM 参考模型。

1. OSI/RM 参考模型

OSI/RM 参考模型共分为 7 层,从下到上依次为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,如图 1-7 所示。

各层的功能简述如下:第 1~3 层主要负责通信,称为通信子网层;第 5~7 层属于资源子网,称为资源子网层;传输层起着衔接上下 3 层的作用。各层的具体功能如下:

(1) 物理层。提供为建立、维护和拆除物理链路所需的机械、电子、功能和规程的特性;提供有关在传输介质上传输非结构的位流及物理链路故障检测指示。

(2) 数据链路层。为网络层实体提供点到点的无差错帧传输功能,并进行流控制。

(3) 网络层。为传输层实体提供端到端的交互网络数据传送功能,使得传输层摆脱路由选择、交换方式、拥挤控制等网络传输细节;可以为传输层实体建立、维持和拆除一条或多条通信路径;对网络传输中发生的不可恢复的差错予以报告。

(4) 传输层。为会话层实体提供透明、可靠的数据传输服务,保证端到端的数据完整性;选择网络层能提供最适宜的服务;提供建立维护和拆除传输连接的功能。

(5) 会话层。为彼此合作的表示层实体提供建立、维护和结束会话连接的功能;完成通信进程的逻辑名字与物理名字间的对应;提供会话管理服务。

(6) 表示层。为应用层进程提供能解释所交换信息含义的一组服务,如代码转换、格式转换、文本压缩、文本加密与解密等。

(7) 应用层。提供 OSI 用户服务,例如事务处理程序、电子邮件和网络管理程序等。

如果在两个主机之间进行通信,发送数据时,数据从高层到低层逐步封装;接收数据时,数据从低层到高层逐步解封装。数据的封装和解封装的过程如图 1-8 所示。

在主机的通信过程中,实际上是对等体之间的通信。对等体是指 OSI/RM 参考模型的不同层次,对等体中具有相同的协议簇,对数据的封装方法相同。但是,对等体之间不能直接通信,需要通过下层提供的服务,下层通过服务访问点向上层提供服务。

2. TCP/IP 协议体系

世界上第一个分组交换网或者说第一个实用计算机网络是美国军方的 ARPANET。ARPANET 的体系结构也是采用分层结构,原来称为 ARM,代表 ARPANET 参考模型。当时的 ARPANET 现在已经发展成为世界上规模最大的互联网(Internet)。在 Internet 所使用的协议中,最著名也最能体现该体系核心思想的是传输层协议 TCP 和网络互联协议 IP。因此,目前人们常用 TCP/IP 代表 Internet 所使用的体系结构。

与 OSI/RM 不同,TCP/IP 从推出之时,就将考虑问题的重点放在了异种网互联上,并



图 1-7 OSI/RM 参考模型

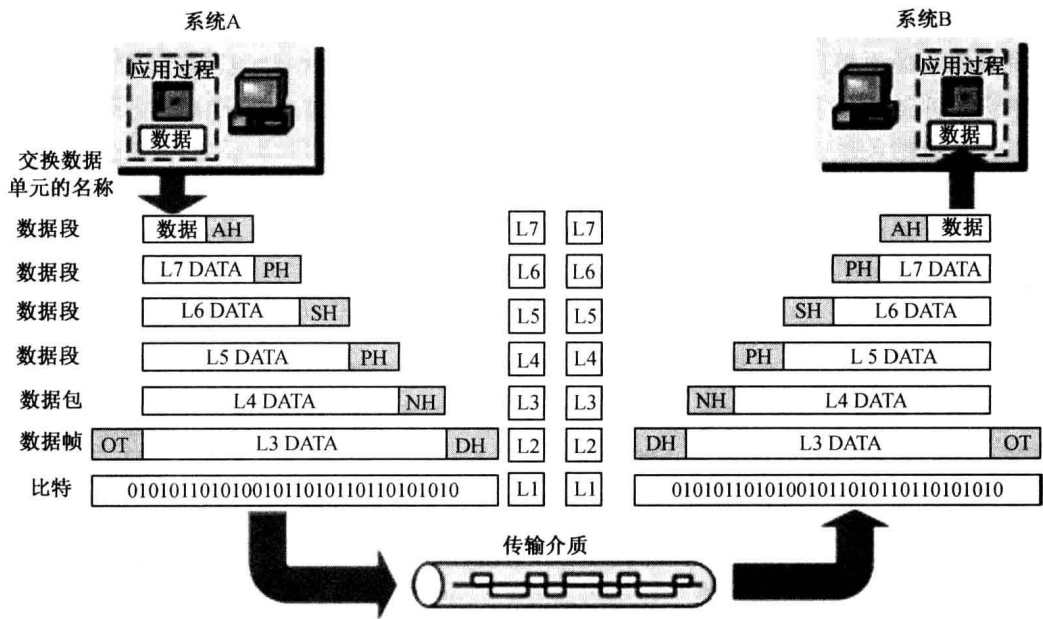


图 1-8 数据的封装和解封装的过程

简化了 OSI/RM 的分层结构,如图 1-9 所示。所谓异种网,即遵从不同网络体系结构的网。TCP/IP 的目的不是要求大家都遵循一种标准,而是在承认有不同标准的情况下,解决这些不同。因此,网络互联是 TCP/IP 技术的核心。

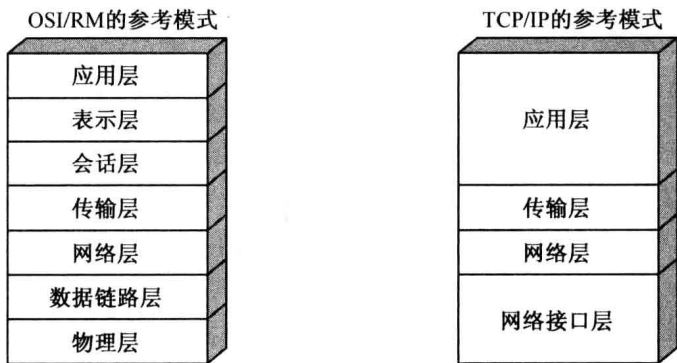


图 1-9 OSI/RM 与 TCP/IP

TCP/IP 协议体系中各层的协议如图 1-10 所示。由于 TCP/IP 在设计时重点不放在具体的通信网的实现上,而且 TCP/IP 并没有对网络接口层做出规定,所以 TCP/IP 允许任何类型的通信子网参与通信。

应用层	HTTP	FTP	DNS	TFTP
传输层	TCP		UDP	
网际层	IP			
网络接口层	PPP	Ethernet	Frame Relay	

图 1-10 TCP/IP 协议体系中各层的协议