

高等院校十二五规划教材
电子信息类

IP 路由器原理与技术

IP LUYOUQI YUANLIYUJISHU

蒋 毅 编著

西北工业大学出版社

IP 路由器原理与技术

蒋 毅 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书在介绍 IP 网络基本原理、组成结构及国内外发展动态等问题的基础上,主要阐述了其核心设备路由器的原理、组成、软硬件实现技术、安全、管理,以及很有实用价值的 IP 网络设计与工程应用等内容。全书共分 9 章,分别为 IP 网络概述、路由器的基本概念及工作原理、路由器的结构组成及功能、路由器硬件设计的相关实现、路由器软件设计的相关实现、路由器安全策略、路由器在 IP 网络中的相关应用、基于服务质量 QoS 的路由器、路由器的发展现状及趋势。

本书取材新颖、内容丰富、实用性强,反映了国内外路由器技术的现状与发展趋势,适合于从事通信、计算机技术开发与研究的广大工程技术人员阅读,也可作为大专院校通信、电子信息、计算机等专业和相关培训机构的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

IP 路由器原理与技术/蒋毅编著. —西安:西北工业大学出版社,2012. 2
ISBN 978-7-5612-3313-9

I. ①I… II. ①蒋… III. ①计算机网络—路由选择 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 015838 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西兴平报社印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.25

字 数:396 千字

版 次:2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

定 价:32.00 元

前 言

随着网络技术的迅速发展,互联网已经从教育科研网络发展成为国家重要的信息基础设施,而路由器作为互联网的核心设备,对其原理与技术进行研究,对于发展我国的互联网设备建设及互联网技术将起到重要的作用。因此,对于掌握路由器的原理及应用方面的人才需求呈不断上升的趋势。

本书取材新颖、内容丰富、实用性强,反映了国内外路由器技术的现状与发展趋势。书中主要介绍了 IP 网络基本概念及路由器的工作原理、结构组成及功能,软硬件设计的相关实现,以及如何实现路由器安全和 QoS 服务,涉及路由器在 IP 网络中的相关应用。

全书共分 9 章。第 1 章 IP 网络概述,涉及计算机网络的基本概念,包括其分类组成、参考模型和互连设备,以及 IP 网络的基本概念、结构组成及发展趋势。第 2 章路由器的基本概念及工作原理,包括路由器的定义、分类、标准、性能指标、工作原理、作用和发展趋势。第 3 章路由器的结构组成及功能,包括路由器的组成要素、体系结构、对结构的性能分析、路由器的功能模块、路由器与网桥和交换机的功能区别。第 4 章路由器硬件设计的相关实现,包括硬件结构特点,网络处理器的相关概念,接口的定义(涉及物理接口、逻辑接口及高速接口),路由器测试的类型和方法。第 5 章路由器软件设计的相关实现,包括路由器软件的组成,路由相关协议,涉及静态路由协议、动态路由协议、MPLS 协议和 IP 多播协议,以及路由器操作系统,路由器软件系统的性能和可靠性设计。第 6 章路由器安全策略,包括安全路由器的关键技术,路由器的安全机制,路由器对网络的安全控制,路由器传输信息时使用的安全协议,涉及路由器的安全配置和安全维护。第 7 章路由器在 IP 网络中的相关应用,涉及路由器组网和配置的相关内容,以及 IPv6 的实现技术。第 8 章基于服务质量 QoS 的路由器,包括对路由器服务质量的支持、流量工程、拥塞控制和路由器管理的相关内容。第 9 章路由器的发展现状及趋势。

本书对路由器原理与技术作了全面的阐述,适合于从事通信、计算机技术开发与研究的广大工程技术人员阅读,也可作为大专院校通信、电子信息、计算机等专业和相关培训机构的教材或教学参考书。

本书参考了大量相关书籍、学术论文,还有很多信息来源于网络、厂家的技术规范和国际标准化组织的公开文档,在此对其作者一并表示感谢。

由于时间仓促,水平有限,书中难免存在缺点和不足,敬请广大读者批评指正。

编著者

2011 年 10 月

目 录

第 1 章 IP 网络概述	1
1.1 计算机网络的基本概念	1
1.2 IP 网络的基本概念	20
1.3 IP 网络的结构与组成	26
1.4 IP 网络的展望	30
第 2 章 路由器的基本概念及工作原理	37
2.1 路由器的定义	37
2.2 路由器的分类	37
2.3 路由器的标准	39
2.4 路由器的性能指标	41
2.5 路由器的工作原理	43
2.6 路由器的作用	51
2.7 路由器的发展	52
第 3 章 路由器的结构组成及功能	57
3.1 路由器的结构组成	57
3.2 路由器的功能模块	64
3.3 路由器的功能	71
第 4 章 路由器硬件设计的相关实现	80
4.1 路由器的硬件结构特点	80
4.2 网络处理器	82
4.3 接口	93
4.4 路由器测试的类型和方法	102
第 5 章 路由器软件设计的相关实现	107
5.1 路由器软件系统的演化	107
5.2 路由器软件的组成	108
5.3 路由相关协议	111
5.4 路由器操作系统	145
5.5 路由器软件系统的性能设计	153
5.6 路由器软件系统的可靠性设计	156

第 6 章 路由器安全策略	159
6.1 路由器安全重要性	159
6.2 安全路由器关键技术	160
6.3 路由器的安全机制	163
6.4 路由器对网络的安全控制	166
6.5 路由器传输信息的安全协议	171
6.6 路由器安全配置和安全维护	175
第 7 章 路由器在 IP 网络中的相关应用	178
7.1 路由器组网	178
7.2 路由器配置	185
7.3 路由器 IPv6 的实现技术	208
第 8 章 基于服务质量 QoS 的路由器	219
8.1 路由器服务质量的支持	219
8.2 流量工程	225
8.3 拥塞管理	233
8.4 路由器管理	237
第 9 章 路由器的发展现状及趋势	242
9.1 路由器发展现状	242
9.2 路由器设备发展趋势	250
参考文献	254

第 1 章 IP 网络概述

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 计算机网络的由来及定义

随着计算机的应用发展,一个部门或一个单位可能拥有很多台计算机,从而形成一个计算机系统,这些计算机系统有可能分布在不同的地区,它们之间经常需要进行信息交换。这种以传输信息为主要目的,用通信线路将主机系统连接起来的计算机群,是计算机网络的低级形式。随着计算机通信网络的发展和广泛应用,用户对网络提出了更高的要求,即希望共享网内计算机系统资源或联合几个计算机系统共同完成某项工作,这就形成了以共享资源为主要目的的计算机网络。计算机网络的形成主要分为以下 4 个阶段:

第 1 阶段:20 世纪 60 年代末到 70 年代初是计算机网络发展的萌芽阶段。其主要特征为:为了增加系统的计算能力和资源共享,把小型计算机连成实验性的网络。第一个远程分组交换网 ARPANET,由美国国防部于 1969 年建成,第一次实现了由通信网络和资源网络复合构成的计算机网络系统,标志计算机网络的真正产生。ARPANET 是这一阶段的典型代表。

第 2 阶段:20 世纪 70 年代中后期是局域网(LAN)发展的重要阶段。其主要特征为:局域网作为一种新型的计算机体系结构开始进入产业部门。局域网技术是从远程分组交换通信网络和 I/O 总线结构计算机系统派生出来的。1976 年,美国 Xerox 公司的 Palo Alto 研究中心推出以太网(Ethernet),它成功地采用了夏威夷大学 ALOHA 无线网络系统的基本原理,使之发展成为第一个总线竞争式局域网。1974 年,英国剑桥大学计算机研究所开发了著名的剑桥环局域网(Cambridge Ring)。这些网络的成功实现,一方面标志着局域网的产生,另一方面,它们形成的以太网及环网对日后局域网的发展起到了导航的作用。

第 3 阶段:整个 20 世纪 80 年代是计算机局域网的发展阶段。其主要特征为:局域网完全从硬件上具备了国际标准化组织(ISO)的开放式系统互连通信模型的能力。计算机局域网及其互连产品的集成,使得局域网与局域网互连、局域网与各类主机互连,以及局域网与广域网互连的技术越来越成熟。综合业务数据通信网络(ISDN)和智能化网络(IN)的发展,标志着局域网的飞速发展。1980 年 2 月,IEEE(美国电气和电子工程师学会)下属的 802 局域网标准委员会宣告成立,并相继提出 IEEE 801.5~802.6 等局域网络标准草案,其中的绝大部分内容已被 ISO 正式认可。作为局域网的国际标准,它标志着局域网协议及其标准化的确定,为局域网的进一步发展奠定了基础。

第 4 阶段:20 世纪 90 年代初至今是计算机网络飞速发展的阶段,其主要特征为:计算机网络化、协同计算能力的发展以及全球互联网的盛行。计算机的发展已经完全与网络融为一体,计算机网络已经真正进入社会的各行各业。另外,虚拟网络光纤分布数据接口(FDDI)及

异步传输模式(ATM)技术的应用,使网络技术蓬勃发展并迅速走向市场,走进平民百姓的生活。

由计算机网络的由来,可以得出其定义:凡是利用通信设备和通信线路,按不同的拓扑结构将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统连接起来,以功能完善的网络软件(网络通信协议、信息交换方式及网络操作系统等),实现网络中硬件、软件资源共享和信息传递的系统,称为计算机网络系统。“地理位置不同”是一个相对的概念,可以小到一个房间内,也可以大至全球范围内。“功能独立”是指在网络中计算机都是独立的,没有主从关系,一台计算机不能启动、停止或控制另一台计算机的运行。“通信线路”是指通信介质,它既可以是有线的(如同轴电缆、双绞线和光纤等),也可以是无线的(如微波和通信卫星等)。“通信设备”是在计算机和通信线路之间按照通信协议传输数据的设备。“拓扑结构”是指通信线路连接的方式。“资源共享”是指在网络中的每一台计算机都可以使用系统中的硬件、软件和数据等资源。

1.1.2 计算机网络的分类、组成及功能

1.1.2.1 计算机网络的分类

由于计算机网络的广泛应用,目前世界上出现了各种形式的计算机网络。可以从不同的角度对计算机网络进行分类,比如从地理范围、网络的拓扑结构、传输介质、通信协议、带宽速率进行分类。

1. 按地理范围分类

通常根据网络范围和计算机之间互连的距离将计算机网络分为局域网、城域网、广域网和互联网 4 种。

(1)局域网(Local Area Network, LAN)。所谓局域网,就是在局部地区范围内的网络,它所覆盖的地区范围较小。局域网在计算机数量配置上没有太多的限制,少的可以只有两台,多的可达几百台。一般来说在企业局域网中,工作站的数量在几十到两百台左右。在网络所涉及的地理距离上一般来说可以是几米至 10km 以内。局域网一般位于一个建筑物或一个单位内,不存在寻址问题,不包括网络层的应用。

这种网络的特点是:连接范围窄,用户数少,配置容易,连接速率高。目前,具有最快速率的局域网为 10G 以太网。IEEE 的 802 标准委员会定义了多种主要的局域网:以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)、光纤分布式接口网络(FDDI)、异步传输模式网(ATM)以及最新的无线局域网(WLAN)。

(2)城域网(Metropolitan Area Network, MAN)。这种网络一般来说是在一个城市,但不在同一地理范围内的计算机互连。连接距离在 10~100km,采用 IEEE 802.6 标准,与 LAN 相比,扩展距离更长,连接的计算机数量更多,在地理范围上是 LAN 的延伸。在一个大型城市或都市地区,一个 MAN 通常连接着多个 LAN。

MAN 多采用 ATM 技术做骨干网。ATM 是一个用于数据、语音、视频以及多媒体应用程序的高速网络传输方法。ATM 包括一个接口和一个协议,该协议能够在一个常规的传输信道上,在比特率不变及变化的通信量之间进行切换。ATM 也包括硬件、软件以及与 ATM 协议标准一致的介质。ATM 提供一个可伸缩的主干基础设施,以便能够适应不同规模、速度以及寻址技术的网络。ATM 的最大缺点就是成本太高。

(3)广域网(Wide Area Network, WAN)。这种网络也称为远程网,所覆盖的范围比 MAN 更广,它一般是在不同城市之间的 LAN 或者 MAN 实现互连,地理范围可从几百千米到几千千米。因为距离较远,信息衰减比较严重,所以这种网络一般要租用专线,通过 IMP(接口信息处理)协议和线路连接起来,构成网状结构,解决寻径问题。由于所连接的用户多,总出口带宽有限,所以用户的终端连接速率一般较低,通常为 $9.6\text{kb/s} \sim 45\text{Mb/s}$ 。

(4)互联网(Internet)。互联网无论从地理范围,还是从网络规模来讲都是最大的一种网络,有“Web”“WWW”和“万维网”等多种叫法。从地理范围来说,它可以是全球计算机的互连,这种网络的最大的特点就是不定性,整个网络所包含的计算机数目及拓扑结构每时每刻随着人们网络的接入在不断变化。但它的优点也是非常明显的,就是信息量大,传播广。因为这种网络的复杂性,所以其实现技术也是非常复杂的,这可以通过后面章节将要介绍的几种互联网接入设备详细地了解到。

2. 按拓扑结构分类

计算机网络的拓扑结构是引用拓扑学中研究与大小、形状无关的点、线关系的方法,把网络中的计算机和通信设备抽象为点,把传输介质抽象为线,由点和线组成的几何图形就是计算机网络的拓扑结构。网络的拓扑结构反映出网络中各实体的结构关系,是建设计算机网络的第一步,是实现各种网络协议的基础,它对网络的性能、系统的可靠性与通信费用都有重大影响。网络的拓扑结构就是网络的物理连接形式。以局域网为例,其拓扑结构主要有总线型、星型、环型、树型和网状 5 种。对应的网络就称为总线网、星型网、环型网、树型网和网状网。其网络连接如图 1.1 所示。

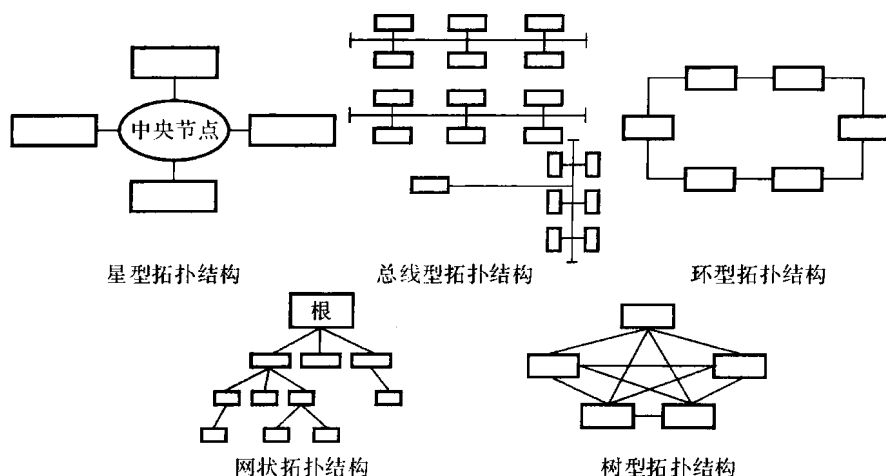


图 1.1 网络的拓扑结构示意图

(1)总线型拓扑结构。将网络中的所有设备通过相应的硬件接口直接连接到公共总线上,节点之间按广播方式通信,一个节点发出的信息,总线上的其他节点均可收到。优点:结构简单,布线容易,可靠性较高,易于扩充,是局域网常采用的拓扑结构。缺点:所有的数据都需经过总线传送,总线成为整个网络的瓶颈,出现故障诊断较为困难。最著名的总线型拓扑结构的实例是以太网(Ethernet)。

(2)星型拓扑结构。每个节点都由一条单独的通信线路与中心节点连接。优点:结构简单,容易实现,便于管理,连接点的故障容易监测和排除。缺点:中心节点是全网络的可靠性的瓶颈,中心节点出现故障会导致网络的瘫痪。

(3)环型拓扑结构。各节点通过通信线路组成闭合回路,环中数据只能单向传输。优点:结构简单,容易实现,适合使用光纤,传输距离远,传输延迟确定。缺点:环网中的每个节点均成为网络可靠性的瓶颈,任意节点出现故障都会造成网络瘫痪,另外故障诊断也较困难。最著名的环型拓扑结构的实例是令牌环网(Token Ring)。

(4)树型拓扑结构。该结构是一种层次结构,节点按层次连接,信息交换主要在上下层节点之间进行,相邻节点或同层节点之间一般不进行数据交换。优点:连接简单,维护方便,适用于汇集信息的应用要求。缺点:资源共享能力较低,可靠性不高,任何一个工作站或链路的故障都会影响整个网络的运行。

(5)网状拓扑结构。该结构又称作无规则结构,节点之间的连接是任意的,没有规律。优点:系统可靠性高,比较容易扩展。缺点:结构复杂,每一个节点都与多个节点进行连接,因此必须采用路由算法和流量控制方法。目前,广域网基本上采用网状拓扑结构。

一般来说,一个较大的网络都不是单一的网络拓扑结构,而是将多种拓扑结构混合而成的,充分发挥各种拓扑结构的优点,这就是所谓的混合型拓扑结构,如图 1.2 所示。

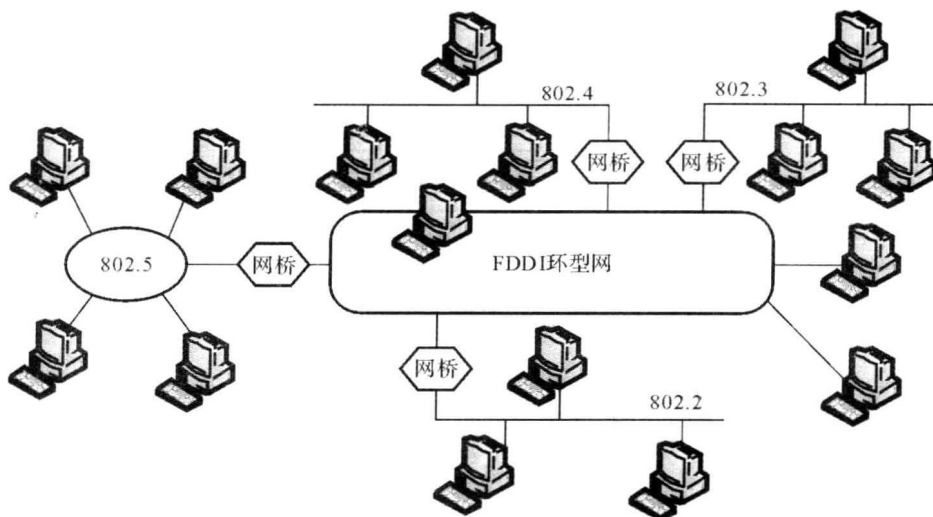


图 1.2 混合型拓扑结构示意图

3. 按传输介质分类

网络传输介质就是通信线路。目前,常用同轴电缆、双绞线、光纤、卫星、微波等有线或无线传输介质,相应的网络就分别称为同轴电缆网、双绞线网、光纤网、卫星网、无线网等。

4. 按通信协议分类

通信协议是通信双方共同遵守的规则或约定,不同的网络采用不同的通信协议。例如,局域网中的以太网采用 CSMA/CD 协议;令牌环网采用令牌环协议;广域网中的分组交换网采用 X.25 协议;Internet 则采用 TCP/IP 协议。

5. 按带宽、速率分类

计算机网络根据传输速率可分为低速网、中速网和高速网;根据网络的带宽可分为基带网(窄带网)和宽带网。一般说来,高速网是宽带网,低速网是窄带网。

1.1.2.2 计算机网络的组成

根据网络的定义,一个典型的计算机网络主要由计算机系统、数据通信系统、网络软件/协议三大部分组成。计算机系统是网络的基本模块,为网络内的其他计算机提供共享资源;数据通信系统是连接网络基本模块的桥梁,它提供各种连接技术和信息交换技术;网络软件是网络的组织者和管理者,在网络协议的支持下,为网络用户提供各种服务。

1. 计算机系统

计算机系统主要完成数据信息的收集、存储、处理和输出任务,并提供各种网络资源。计算机系统根据其在网络中的用途可分为两类:主计算机和终端。

主计算机(Host):负责数据处理和网络控制,并构成网络的主要资源。主计算机又称主机,它主要由大型机、中小型机和高档微机组成,网络软件和网络的应用服务程序主要安装在主机中,在局域网中主机称为服务器(Server)。

终端(Terminal):是网络中数量大、分布广的设备,是用户进行网络操作、实现人机对话的工具。一台典型的终端看起来很像一台PC,有显示器、键盘和一个串行接口。与PC不同的是终端没有CPU和主存储器。在局域网中,以PC代替了终端,局域网中的PC既能作为终端使用,又可作为独立的计算机使用,被称为工作站(Workstation)。

2. 数据通信系统

数据通信系统主要由通信控制处理机、传输介质和网络连接设备等组成。

(1)通信控制处理机:主要负责主机与网络信息的传输控制。它的主要功能是线路传输控制、差错检测与恢复、代码转换以及数据帧的装配与拆装等。

(2)传输介质:是传输数据信号的物理通道,将网络中各种设备连接起来。

(3)网络连接设备:用来实现网络中各计算机之间的连接、网与网之间的互连、数据信号的变换以及路由选择等功能,主要包括中继器(Repeater)、集线器(Hub)、调制解调器(Modem)、网桥(Bridge)、交换机(Switch)、路由器(Router)和网关(Gateway)等。

3. 网络软件和网络协议

软件一方面授权用户对网络资源的访问,帮助用户方便、安全地使用网络;另一方面管理和调度网络资源,提供网络通信和用户所需的各种网络服务。网络软件一般包括网络操作系统、网络协议、通信软件以及管理和服务软件等。

(1)网络操作系统(NOS):是网络系统管理和通信控制软件的集合,它负责整个网络的软、硬件资源的管理以及网络通信和任务调度,并提供用户与网络之间的接口。

(2)网络协议:是实现计算机之间、网络之间相互识别并正确进行通信的一组标准和规则,是计算机网络工作的基础。在Internet上传送的每个消息至少通过3层协议:网络协议(Network Protocol),它负责将消息从一个地方传送到另一个地方;传输协议(Transport Protocol),它管理被传送内容的完整性;应用程序协议(Application Protocol),作为对通过网络应用程序发出的一个请求的应答,它将传输的信息转换成人们能识别的内容。一个网络协议主要由语法、语义、同步三部分组成。语法即数据与控制信息的结构或格式;语义即需要发

出何种控制信息,完成何种动作以及做出何种应答;同步即事件实现顺序的详细说明。

1.1.2.3 计算机网络的功能

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物。它不但使计算机的作用范围超越了地理位置的限制,而且也大大加强了计算机本身的能力。计算机网络具有单个计算机所不具备的下述主要功能:

1. 数据交换和通信

计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间,可以快速可靠地相互传递数据、程序或文件。例如,电子邮件(E-mail)可以使相隔万里的异地用户快速准确地相互通信;电子数据交换(EDI)可以在商业部门(如银行、海关等)或公司之间进行订单、发票等商业单据的交换,实现商业文件安全准确的交换;文件传输服务(FTP)可以实现文件的实时传递,为用户复制和查找文件提供了有力的工具。

2. 资源共享

充分利用计算机网络中提供的资源(包括硬件、软件和数据)是计算机网络组网的目标之一。计算机的许多资源是十分昂贵的,不可能为每个用户所拥有。例如,进行复杂运算的巨型计算机、海量存储器、高速激光打印机、大型绘图仪和一些特殊的外部设备等,另外还有大型数据库和大型软件等。这些昂贵的资源都可以为计算机网络上的用户所共享,资源共享既可以使用户减少投资,又可以提高计算机资源的利用率。

3. 提高系统的可靠性和可用性

在单机使用的情况下,如没有备用机,则计算机有故障便引起停机;如有备用机,则费用会大大增高。当计算机连成网络后,各计算机可以通过网络互为后备,当某一处计算机发生故障时,可由别处的计算机代为处理,还可以在网的一些节点上设置一定的备用设备,起到全网公用后备的作用,这种计算机网络能够提高系统的可靠性及可用性。特别是在地理分布很广且具有实时性管理和不间断运行的系统中,建立计算机网络便可保证更高的可靠性和可用性。

4. 均衡负荷,相互协作

对于大型的任务或当网络中某台计算机的任务负荷太重时,可将任务分散到较空闲的计算机上去处理,或由网络中比较空闲的计算机分担负荷。这就使得整个网络资源能互相协作,避免网络中的计算机忙闲不均,既影响任务的完成又不能充分利用计算机资源。

5. 分布式网络处理

在计算机网络中,用户可根据问题的实质和要求选择网内最合适的资源来处理,以便使问题能迅速而经济地得以解决。对于综合性大型问题,可以采用合适的算法将任务分散到不同的计算机上进行处理。各计算机连成网络也有利于共同协作,进行重大科研课题的开发和研究。利用网络技术还可以将许多小型机或微型机连成具有高性能的分布式计算机系统,使它具有解决复杂问题的能力,而费用大为降低。

6. 提高系统性价比,易于扩充,便于维护

计算机组成网络后,虽然增加了通信费用,但由于资源共享,显著提高了整个系统的性价比,降低了系统的维护费用,且易于扩充,方便系统维护。

计算机网络的以上功能和特点使得它在社会生活的各个领域得到了广泛的应用。

1.1.3 计算机网络的参考模型

1.1.3.1 OSI 七层网络模型

OSI(Open System Interconnection)是指开放式系统互连参考模型,网络发展的一个重要里程碑便是 ISO(International Standard Organization,国际标准组织)对 OSI 七层网络模型的定义,由高到低依次为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。它不但成为各种网络技术评判、分析的依据,也成为网络协议设计和统一的参考模型,使不同的系统和不同的网络之间实现可靠的通信,因此其最主要的功能就是帮助不同类型的主机实现数据传输。

建立七层模型的主要目的是为了解决异构网络互连时所遇到的兼容性问题。它的最大优点是将服务、接口和协议这3个概念明确地区分开来:服务说明某一层为上层提供什么功能,接口说明上层如何使用下层的的服务,而协议涉及如何实现本层的服务,这样各层之间具有很强的独立性。七层网络的划分也是为了使网络的不同功能模块分担起不同的职责,从而带来如下益处:

- 减轻问题的复杂程度,一旦网络发生故障,可迅速定位故障所处层次,便于查找和纠错;
- 在各层分别定义标准接口,使具备相同对等层的不同网络设备能实现互操作,各层之间相对独立。

图 1.3 所示为七层网络结构示意图。

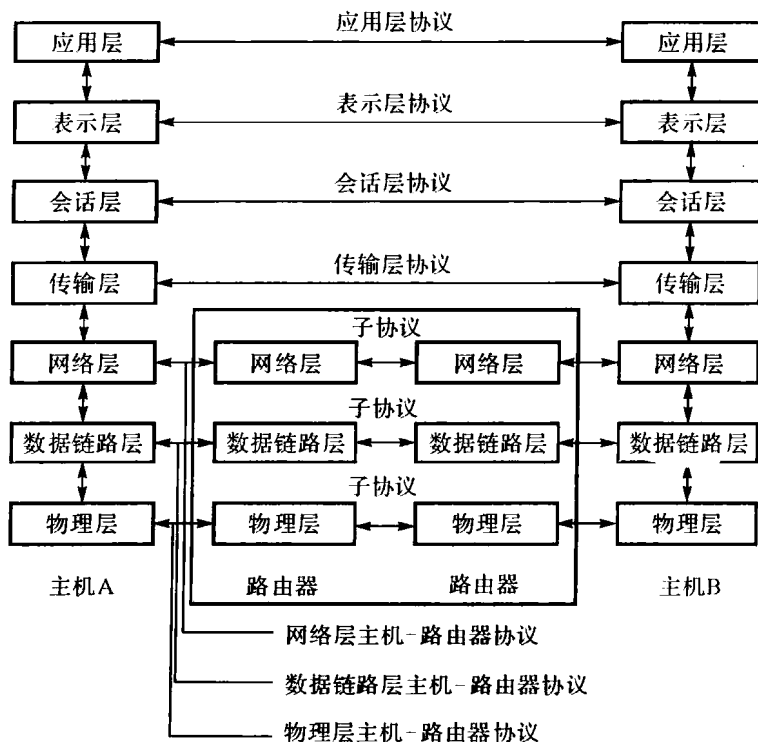


图 1.3 七层网络结构示意图

1. 物理层(Physical Layer)

规定通信设备的机械、电气、功能和规程等特性,用以建立、维护和拆除物理链路连接。

(1)机械特性:规定了网络连接时所需插件的规格尺寸、引脚数量和排列情况等。

(2)电气特性:规定了在物理连接上传输比特流时,线路上信号电平的大小、阻抗匹配、传输速率、距离限制等。

(3)功能特性:指对各个信号预先分配确切的信号含义。

(4)规程特性:定义了利用信号线进行比特流传输的一组操作规程,是指在物理连接的建立、维护、交换信息时,通信双方在各电路上的动作系列。

物理层的主要作用是传输比特流。这一层的数据单位称为比特(bit)。

物理层为数据端设备提供传送数据的通路,数据通路可以由一个或多个物理媒体连接而成。一次完整的数据传输,包括激活物理连接、传送数据和终止物理连接。所谓激活,就是不管有多少物理媒体参与,都要使通信的两个数据终端设备连接起来,形成一条通路。

属于物理层定义的典型规范包括 EIA/TIA RS - 232, EIA/TIA RS - 449, V. 35, RJ - 45 等。

2. 数据链路层(Data Link Layer)

在物理层提供比特流服务的基础上,建立相邻节点之间的数据链路,通过差错控制使数据帧在信道上无差错地传输。

数据链路层在不可靠的物理介质上提供可靠的传输。该层的作用包括:物理地址寻址、数据成帧、流量控制、数据检错、重发,为网络层提供数据传送服务,链路连接的建立、拆除、分离等。

在这一层,数据的单位称为帧(Frame)。

数据链路层协议的代表包括 SDLC, HDLC, PPP, STP, 帧中继等。

3. 网络层(Network Layer)

网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换节点,确保数据及时传送。网络层将数据链路层提供的帧组成数据包,包中封装有网络层包头,其中含有逻辑地址信息源站点和目的站点的网络地址。

在这一层,数据的单位称为数据包(Packet)。

为建立网络连接和为上层提供服务,该层应具备以下主要功能:路由选择和中继激活,终止网络连接,在一条数据链路上复用多条网络连接,差错检测与恢复排序,流量控制,服务选择,网络管理。

网络层协议的代表包括 IP, IPX, RIP, OSPF 等。

4. 传输层(Transport Layer)

这一层负责获取全部信息,必须跟踪数据单元碎片,处理乱序到达的数据包及其在传输过程中可能发生的危险。传输层具有流量控制功能,可根据接收方可接收数据的快慢程度规定适当的发送速率。此外,传输层按照网络能够处理的最大尺寸将较长的数据包进行强制分割。例如,以太网无法接收大于 1500B 的数据包,发送方节点的传输层将数据分割成较小的数据片,同时对数据片安程序列号,以便数据到达接收方节点的传输层时,能以正确的顺序重组。该过程称为排序。

这一层的数据单元也称作数据包(Packet)。针对具体协议时又有特殊的叫法, TCP 协议

的数据单元称为段(Segment),而 UDP 协议的数据单元称为数据报(Datagram)。

这一层的主要功能是为上层提供端到端的透明的、可靠的数据传输服务。所谓透明的传输是指在通信过程中传输层对上层屏蔽了通信传输系统的具体细节。此外传输层还具备差错恢复、流量控制等功能。

传输层协议的代表包括 TCP,UDP,SPX 等。

5. 会话层(Session Layer)

会话层提供的服务可使应用建立且维持会话,并使会话获得同步。会话层使用校验点在通信失效时继续恢复通信会话。会话层、表示层、应用层构成开放系统的高三层,面对应用进程提供分布式处理、对话管理、信息表示、恢复最后差错等。

在会话层及以上的高层中,数据传送的单位不再另外命名,统称为报文(Message)。

会话层的主要功能为:管理主机之间的会话进程,即负责建立、管理、终止进程之间的会话;利用在数据中插入校验点来实现同步。

6. 表示层(Presentation Layer)

表示层主要解决用户信息的语法表示问题。它将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法,转换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法,即提供格式化表示和转换数据的服务。数据的压缩和解压缩、加密和解密等工作都由表示层负责。

7. 应用层(Application Layer)

应用层为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口,应用层提供的服务包括文件传输、文件管理以及电子邮件的信息处理。

应用层协议的代表包括 Telnet,FTP,HTTP,SNMP 等。

物理层、数据链路层、网络层属于 OSI 模型的低三层,负责创建网络通信连接的链路;传输层、会话层、表示层和应用层是 OSI 模型的高四层,具体负责端到端的数据通信。每层完成一定的功能,每层都直接为其上层提供服务,并且所有层都互相支持,而网络通信则可以自上而下或者自下而上双向进行。当然,并不是所有通信都要经过 OSI 的全部七层,如物理接口之间的转接,只需要在物理层中进行即可,而路由器与路由器之间的连接则只需网络层以下的三层。

通过 OSI 模型各层,信息可以从一台计算机软件的应用程序传输到另一台的应用程序上。例如,计算机 A 上的应用程序要将信息发送到计算机 B 的应用程序上,则计算机 A 中的应用程序需要将信息先发送到其应用层,然后应用层将信息发送到表示层,表示层将数据转送到会话层,如此继续,直至物理层。在物理层,数据被放置在物理网络媒介中并被发送至计算机 B。计算机 B 的物理层接收来自物理媒介的数据,然后将信息向上发送至数据链路层,数据链路层再转送给网络层,依次继续,直到信息到达计算机 B 的应用层。最后,计算机 B 的应用层再将信息传送给应用程序接收端,从而完成通信过程。图 1.4 所示说明了这一过程。

OSI 的七层运用各种各样的控制信息来和其他计算机系统的对应层进行通信。这些控制信息包含特殊的请求和说明,它们在对应的 OSI 层间进行交换。每一层数据的头和尾是两个携带控制信息的基本形式。对于从上一层传送下来的数据,附加在前面的控制信息称为头,附加在后面的控制信息称为尾。当数据在各层间传送时,每一层都可以在数据上增加头和尾,而这些数据已经包含了上一层增加的头和尾。头、尾以及数据是相关联的概念,包含了相关层与层间的通信信息,它们取决于分析信息单元的协议层。例如,传输层头包含了只有传输层可以

看到的信息,传输层下面的其他层只将此头作为数据的一部分传递。对于网络层,一个信息单元由第三层的头、尾以及数据组成。对于数据链路层,经网络层向下传递的所有信息即第三层头、尾以及数据都被看做是数据。换句话说,在给定的某一 OSI 层,信息单元的数据部分包含来自于所有上层的头和尾以及数据,这称之为封装。图 1.5 所示为七层网络的封装示意图。

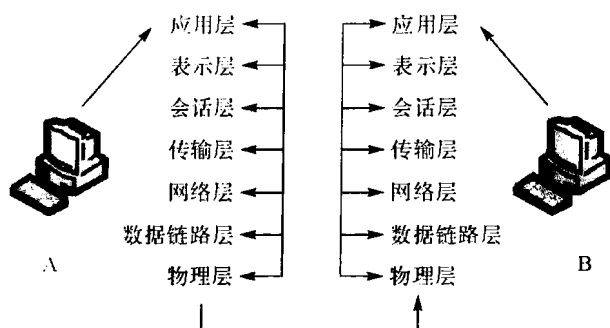


图 1.4 信息在七层网络中的传输

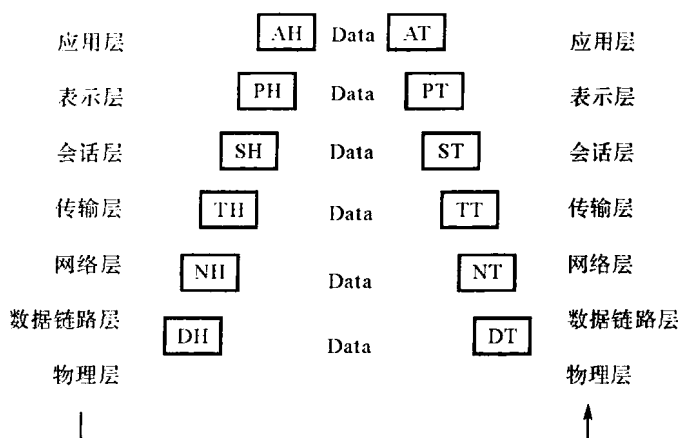


图 1.5 七层网络的封装示意图

例如,如果计算机 A 要将应用程序中的某数据发送至计算机 B,数据首先传送至应用层。计算机 A 的应用层通过在数据上添加协议头/尾来和计算机 B 的应用层通信。所形成的信息单元包含协议头、数据,可能还有协议尾,被发送至表示层,表示层再添加为计算机 B 的表示层所理解的控制信息的协议头/尾。信息单元的大小随着每一层协议头和协议尾的添加而增加,这些协议头和协议尾包含了计算机 B 的对应层要使用的控制信息。在物理层,整个信息单元通过网络介质传输。

计算机 B 中的物理层收到信息单元并将其传送至数据链路层,然后 B 中的数据链路层读取计算机 A 的数据链路层添加的协议头/尾中的控制信息,然后去除协议头和协议尾,剩余部分被传送至网络层。每一层执行相同的动作:从对应层读取协议头和协议尾,并去除,再将剩余信息发送至上一层。应用层执行完这些动作后,数据就被传送至计算机 B 中的应用程序,这些数据和计算机 A 的应用程序所发送的完全相同。

1.1.3.2 TCP/IP 四层网络模型

TCP/IP 分层模型被称作因特网分层模型或因特网参考模型。图 1.6 所示为 TCP/IP 四层模型和 OSI 七层模型对应关系。

OSI 模型	TCP/IP协议体系		
应用层	应用层	Telnet FTP HTTP SMTP	TIME DNS SNMP TFTP
表示层			
会话层			
传输层	传输层	TCP	UDP
网络层	互联网层	IP	ICMP
数据链路层	网络接口层	Ethernet Token-Ring PPP	
物理层			

图 1.6 TCP/IP 四层模型和 OSI 七层模型对应关系

TCP/IP 分层模型各层的功能如下：

1. 网络接口层

网络接口层与 OSI 参考模型中的物理层和数据链路层相对应，它定义地址解析协议 (Address Resolution Protocol, ARP)，提供 TCP/IP 协议的数据结构和实际物理硬件之间的接口。

2. 互联网层

互联网层对应于 OSI 七层参考模型的网络层。本层包含 IP 协议、路由信息协议 (Routing Information Protocol, RIP)，负责数据的封装、寻址和路由，同时还包含网间控制报文协议 (Internet Control Message Protocol, ICMP)，用来提供网络诊断信息。

3. 传输层

传输层对应于 OSI 七层参考模型的传输层，它提供两种端到端的通信服务。其中 TCP (Transmission Control Protocol) 协议提供可靠的数据流运输服务，UDP (Use Datagram Protocol) 协议提供不可靠的用户数据报服务。

4. 应用层

应用层对应于 OSI 七层参考模型的应用层、表示层和会话层。因特网的应用层协议包括 FTP (文件传输协议)、HTTP (超文本传输协议)、Telnet (远程终端协议)、SMTP (简单邮件传送协议) 等。

1.1.4 计算机网络的互连设备

网络互连通常是指将不同的网络或相同的网络用互连设备连接在一起而形成一个范围更大的网络，也可以是为增加网络性能和易于管理而将一个原来很大的网络划分为几个子网或网段。在此过程中，一个网络用户和另一个网络用户可以透明地交换信息而无须关注两个网