

普通高等教育“十三五”规划教材（软件工程专业）

网络设备配置与管理

WANGLUO SHEBEI PEIZHI YU GUANLI

Network
Equipment

主 编 杨 玥
副主编 刘申菊 冯 暖 高 猛

- 以项目为驱动，注重知识及实战技能。
- 以任务为中心，依照实际流程组织内容。
- 以职业能力为目标，着重培养实践能力。



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材——软件工程专业

网络设备配置与管理

主 编 杨 玥

副主编 刘申菊 冯 暖 高 猛

内 容 提 要

为了激发读者的学习兴趣,让读者快速掌握网络互连设备的配置和管理技术,本书以校园网网络设备调试过程为线索,从网络设备的配置角度出发逐步展开。以项目为驱动,使学生从一开始就带着项目开发任务进入学习,在做项目的过程中逐渐掌握完成任务所需的知识和技能。本书是国内真正的 CDIO 项目驱动型规划教材,以任务为中心,以职业岗位能力为目标,按照网络规划和设计的基本流程组织教材内容。

本书共分为十五个子项目,分别为认识网络、网线制作和两机互联通信、利用交换机构建局域网、交换机的基本配置、路由器的基本配置、管理远程设备、路由器静态路由、动态路由协议、NAT 的配置、VLAN 的实施、生成树协议的实施、中型路由网络构建、EIGRP 的实施、ACL 的实施和建立广域网连接,这些子项目从整体上形成了校园网络设备调试的全过程。

本书概念清晰,逻辑性强,循序渐进,语言通俗易懂,适合作为高等学校计算机相关专业的网络互联设备和网络设备调试等课程的教材,也适合从事与网络互联设备相关行业的初级、中级人员学习参考。

本书配有电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站和万水书苑免费下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

网络设备配置与管理 / 杨玥主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016.6
普通高等教育“十三五”规划教材. 软件工程专业
ISBN 978-7-5170-4387-4

I. ①网… II. ①杨… III. ①网络设备—配置—高等学校—教材②网络设备—设备管理—高等学校—教材
IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第125177号

策划编辑: 石永峰 责任编辑: 石永峰 加工编辑: 高双春 封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材——软件工程专业 网络设备配置与管理
作 者	主 编 杨 玥 副主编 刘申菊 冯 暖 高 猛
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 345千字
版 次	2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	30.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

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。本书以实用技术为主思路,以项目教学为导向,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思科公司的设备,所以书中以思科公司的产品为主加以讲解。

本书共分为十五个子项目,分别为认识网络、网线制作和两机互联通信、利用交换机构建局域网、交换机的基本配置、路由器的基本配置、管理远程设备、路由器静态路由、动态路由协议、NAT 的配置、VLAN 的实施、生成树协议的实施、中型路由网络构建、EIGRP 的实施、ACL 的实施和建立广域网连接,这些子项目从整体上形成了校园网网络设备调试的全过程。

本书以思科公司的交换机和路由器设备为调试平台,提供大量源于作者多年教学积累和项目开发经验的实例。在学习本书中的项目前,读者需要掌握计算机网络和计算机基础等知识。

本书概念清晰,逻辑性强,循序渐进,语言通俗易懂,适合作为高等学校计算机相关专业的网络互联设备和网络设备调试等课程的教材,也适合从事与网络互联设备相关行业的初级、中级人员学习参考。

由于本书涉及的范围比较广泛,加之项目教学在我国又是新生事物,开展的时间还不长,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2016 年 4 月

目 录

前言

项目 1 认识网络	1	3.3 项目实施	57
1.1 项目任务	1	3.3.1 项目分析	57
1.2 项目预备知识	1	3.3.2 硬件连接和设置 IP 地址	57
1.2.1 计算机网络的定义	1	3.3.3 设置工作组	57
1.2.2 计算机网络的组成	1	3.3.4 创建新用户	58
1.2.3 计算机网络的功能	2	3.3.5 设置共享文件夹	58
1.2.4 计算机网络的分类	2	3.3.6 访问共享文件夹	59
1.2.5 数据交换技术	4	项目 4 交换机的基本配置	61
1.2.6 计算机网络的发展过程	6	4.1 项目任务	61
1.2.7 网络体系结构	7	4.2 项目预备知识	61
1.2.8 计算机网络技术发展趋势	10	4.2.1 交换机的基本功能	61
项目 2 网线制作和两机互联互通	14	4.2.2 交换机管理方式	64
2.1 项目任务	14	4.2.3 交换机基本配置方法	64
2.2 项目预备知识	14	4.2.4 交换机的基本命令	65
2.2.1 数据传输基础知识	14	4.2.5 交换机的端口配置	66
2.2.2 网络传输介质	23	4.2.6 管理思科设备	68
2.2.3 TCP/IP 参考模型	26	4.2.7 思科设备模拟软件——Cisco Packet Tracer	70
2.2.4 IP 地址	30	4.2.8 Cisco IOS 命令行界面功能	73
2.2.5 同轴电缆	35	4.3 项目实施	76
2.2.6 无线传输介质	36	4.3.1 物理连接	76
2.3 项目实施	37	4.3.2 登录交换机	76
2.3.1 项目分析	37	4.3.3 基本配置命令	77
2.3.2 双绞线制作网线	37	4.3.4 系统帮助	77
2.3.3 硬件连接	38	项目 5 路由器的基本配置	79
2.3.4 设置 IP 地址	38	5.1 项目任务	79
2.3.5 利用 ping 命令测试网络连通性	38	5.2 项目预备知识	79
2.3.6 利用 ARP 命令管理 ARP 缓存	39	5.2.1 路由器概述	79
项目 3 利用交换机构建局域网	40	5.2.2 路由器组成	80
3.1 项目任务	40	5.2.3 路由器功能	80
3.2 项目预备知识	40	5.2.4 路由器管理方式	81
3.2.1 项目涉及理论分析	40	5.2.5 路由器基本配置	81
3.2.2 局域网的基础知识	40	5.2.6 思科路由器的启动	84
3.2.3 局域网组网设备	49		

5.2.7	思科路由器的基本配置命令	85	8.2.4	OSPF 协议	107
5.2.8	思科路由器的安全配置命令	87	8.2.5	OSPF 协议的配置	108
5.2.9	基本配置命令	90	8.3	项目实施	109
5.2.10	系统帮助	90	8.3.1	案例分析	109
5.3	项目实施	91	8.3.2	RIP 协议配置	109
5.3.1	项目分析	91	8.3.3	OSPF 协议配置	110
5.3.2	观察路由器	91	项目 9	NAT 的配置	112
5.3.3	物理连接	91	9.1	项目任务	112
5.3.4	登录路由器	91	9.2	项目预备知识	113
5.3.5	路由器实现子网互联	92	9.2.1	NAT 基本概念	113
项目 6	管理远程设备	94	9.2.2	静态 NAT 的基本概念	113
6.1	项目任务	94	9.2.3	动态 NAT 的基本概念	115
6.2	项目预备知识	94	9.2.4	PAT 的配置	115
6.2.1	远程访问设备的好处	94	9.2.5	NAT 的故障排除	117
6.2.2	远程访问交换机涉及的配置命令	94	9.3	项目实施	118
6.3	项目实施	96	9.3.1	内部源地址静态 NAT 配置实施	118
6.3.1	配置 Telnet 方式访问交换机	96	9.3.2	内部源地址动态 NAT 配置实施	119
6.3.2	配置 Telnet 方式访问路由器	96	项目 10	VLAN 的实施	121
项目 7	路由器静态路由	98	10.1	项目任务	121
7.1	项目任务	98	10.2	项目预备知识	122
7.2	项目预备知识	98	10.2.1	了解 VLAN	122
7.2.1	路由表	98	10.2.2	划分 VLAN	124
7.2.2	静态路由	101	10.2.3	VLAN 中继	127
7.2.3	默认路由	101	10.2.4	VTP	130
7.2.4	静态路由的配置	102	10.2.5	路由器实现 VLAN 间路由	133
7.3	项目实施	102	10.2.6	三层交换机实现 VLAN 间路由	136
7.3.1	项目分析	102	10.3	项目实施	138
7.3.2	硬件连接	103	10.3.1	项目分析	138
7.3.3	设置 PC 机 IP	103	10.3.2	VLAN 和子网设计	138
7.3.4	配置路由器的直连路由	103	10.3.3	硬件连接	139
7.3.5	测试直连网段	104	10.3.4	IP 地址设置	139
7.3.6	配置路由器的静态路由	104	10.3.5	配置 VTP	140
7.3.7	测试非直连网段	104	10.3.6	划分 VLAN	140
项目 8	动态路由协议	105	10.3.7	配置 VLAN 中继	141
8.1	项目任务	105	10.3.8	配置 VLAN 路由	141
8.2	项目预备知识	105	10.3.9	测试	142
8.2.1	路由协议	105	项目 11	生成树协议的实施	143
8.2.2	RIP 协议	106	11.1	项目任务	143
8.2.3	RIP 的配置	106	11.2	项目预备知识	143

11.2.1	生成树协议的理论基础	143	13.3.5	配置 EIGRP 协议	194
11.2.2	检验 STP 的配置	150	13.3.6	测试	194
11.2.3	PVST	153	13.3.7	检验 EIGRP 的配置	194
11.2.4	快速生成树协议 (RSTP)	160	项目 14	ACL 的实施	195
11.3	项目实施	161	14.1	项目任务	195
11.3.1	项目回顾	161	14.2	项目预备知识	195
11.3.2	项目分析	162	14.2.1	ACL 的基础理论	195
11.3.3	硬件连接	162	14.2.2	标准 ACL 的配置	197
11.3.4	STP 设计	162	14.2.3	标准 ACL 的配置实例	198
11.3.5	配置 VTP	162	14.2.4	扩展 ACL 的配置	200
11.3.6	配置 VLAN 划分和 VLAN 中继	163	14.2.5	扩展 ACL 的配置实例	202
11.3.7	配置 RSTP	163	14.3	项目实施	205
11.3.8	测试	164	14.3.1	项目回顾	205
项目 12	中型路由网络构建	165	14.3.2	硬件连接	205
12.1	项目任务	165	14.3.3	设置 PC 机的 IP 地址	205
12.2	项目预备知识	165	14.3.4	配置 Web 服务和 FTP 服务	206
12.2.1	检查路由操作	165	14.3.5	配置网络连通	206
12.2.2	实施 VLSM	169	14.3.6	测试 1	207
12.2.3	OSPF 的原理	170	14.3.7	配置 ACL	207
12.2.4	OSPF 的基础配置	171	14.3.8	测试 2	207
12.2.5	OSPF 的高级配置	175	项目 15	建立广域网连接	208
12.3	项目实施	181	15.1	项目任务	208
12.3.1	项目回顾	181	15.2	项目预备知识	208
12.3.2	项目分析	182	15.2.1	广域网连接的基础理论	209
12.3.3	硬件连接	182	15.2.2	PPP 的原理	211
12.3.4	OSPF 基础配置	182	15.2.3	PPP 的 PAP 配置	212
12.3.5	配置 OSPF 虚拟线路	185	15.2.4	PPP 的 CHAP 配置	214
12.3.6	测试	185	15.3	项目实施	215
项目 13	EIGRP 的实施	186	15.3.1	项目回顾	215
13.1	项目任务	186	15.3.2	硬件连接	215
13.2	项目预备知识	186	15.3.3	配置 IP 地址	216
13.2.1	EIGRP 的原理	186	15.3.4	配置路由器接口	216
13.2.2	EIGRP 的基本配置	189	15.3.5	配置 PPP 的 PAP 认证	216
13.2.3	EIGRP 的高级配置	191	15.3.6	配置 PPP 的 CHAP 认证	217
13.3	项目实施	192	15.3.7	测试 1	217
13.3.1	项目回顾	192	15.3.8	配置 RIP 协议	217
13.3.2	硬件连接	193	15.3.9	测试 2	217
13.3.3	设置 PC 机的 IP 地址	193	参考文献		218
13.3.4	配置直连路由	193			

项目 1 认识网络

教学目标

- (1) 掌握网络的定义和功能。
- (2) 理解网络的分类和组成。
- (3) 了解网络的发展过程。

1.1 项目任务

你是某学校的网络管理员，在正式上班之前要参加面试，回答如下问题：

- (1) 通过对自己所接触过的网络环境的观察，你认为网络中应该有哪些组成部分？
- (2) 根据你自己对于网络的认识，说说网络具备哪些功能？
- (3) 根据自己的观察和了解，你认为网络有哪些类型？

经过你的努力得到了这个工作机会，你将参加一些网络相关的培训，对网络的基础知识有更深入的了解。

1.2 项目预备知识

1.2.1 计算机网络的定义

目前计算机网络的定义是：将分布在不同地理位置的多台具有独立自主功能的计算机系统，通过通信设备和通信线路连接起来，在计算机网络软件的支持下实现资源共享和数据通信的系统。

所谓计算机网络资源是指计算机网络中的硬件、软件和数据；共享是指计算机网络中的用户都能部分地或全部地使用这些资源。

1.2.2 计算机网络的组成

不管什么样的网络，它的组成基本是一样的。计算机网络一般是由网络硬件和网络软件组成。

1. 网络硬件

计算机网络系统的物质基础是网络硬件，包括网络服务器、网络工作站和网络设备。要构成一个计算机网络系统，首先要将计算机及其附属硬件设备与网络中的其他计算机系统用传输介质连接起来。不同的计算机网络系统，在硬件方面是有很大差别的。随着计算机技术和网络技术的发展，网络硬件也日渐多样化，功能更加强大，更加复杂。

2. 网络软件

网络功能是由网络软件来实现的。在网络系统中，网络上的每个用户都可享有系统中的各种资源，为此系统必须对用户进行控制。系统需要通过软件工具对网络资源进行全面的、管理和分配，并且采取一系列的安全保密措施，以防止用户对数据和信息的不合理访问，防止数据和信息被破坏或丢失，造成系统混乱。通常网络软件包括：

- (1) 网络协议软件：通过协议程序实现网络中通信计算机间的协调。
- (2) 网络通信软件：实现网络工作站之间的通信。
- (3) 网络操作系统：实现系统资源共享、管理用户对不同资源访问，是最主要的网络软件。
- (4) 网络管理软件：用来对网络资源进行管理和对网络进行维护的软件。
- (5) 网络应用软件：为网络用户提供服务并为网络用户解决实际问题的软件。

1.2.3 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要体现在三个方面：资源共享、数据通信和分布处理。

1. 资源共享

所谓的资源是指构成系统的所有要素，包括软、硬件资源，如计算处理能力、大容量磁盘、高速打印机、绘图仪、通信线路、数据库、文件和其他计算机上的有关信息。由于受经济和其他因素的制约，这些资源并非（也不可能）所有用户都能独立拥有，所以网络上的计算机不仅可以使用自身的资源，也可以共享网络上的资源。从而增强了网络上计算机的处理能力，提高了计算机软硬件的利用率。

2. 数据通信

这是计算机网络最基本的功能，主要完成计算机网络中各个节点之间的系统通信。用户可以在网上传送电子邮件、发布新闻消息、进行电子购物、电子贸易、远程电子教育等。

3. 分布处理

一项复杂的任务可以划分成许多部分，由网络内各计算机分别协作并行完成有关部分，使整个系统的性能大为增强。

1.2.4 计算机网络的分类

从不同角度、按照不同的属性，计算机网络有多种分类方法。

1. 按计算机网络的拓扑结构划分

对不受形状或大小变化影响的几何图形的研究称为拓扑学。

由于计算机网络结构复杂，为了能简单明了并准确地认识其中的规律，把计算机网络中的设备抽象为“点”，把网络中的传输介质抽象为“线”，形成了由点和线组成的几何图形，从而抽象出了计算机网络的具体结构，称为计算机网络的拓扑结构。

确定计算机网络的拓扑结构是建设计算机网络的第一步，是实现各种计算机网络协议的基础，它对计算机网络的性能、系统的可靠性与通信费用都有着重大影响。

按照计算机网络的拓扑结构可以将计算机网络分为：总线型、环型、星型、树型和网状型五大类。

(1) 总线型计算机网络。采用单根传输线作为传输介质，所有的站点都通过相应的硬件接口直接连到传输介质即总线上。任何一个站点发送的信号都可以沿着介质传输到其他所有站

点上,但只有地址相符的站点才能真正接收。

总线型计算机网络布线容易、易于扩充,但总线的物理长度和容纳的站点数有限,因而多被用于组建局域网。总线中任一处发生故障将导致网络瘫痪,且故障诊断困难。

(2) 环型计算机网络。在环型网络中,所有工作站连成一个闭合的环,环上传输的任何数据包都需穿过所有站点。

环型计算机网络结构简单,最大延迟确定,实时性较好,但容易出现由于某个站点出错而终止全网运行的情况,即可靠性较差,同时环型计算机网络扩充困难。

(3) 星型计算机网络。这种网络中的每个站点都有一条单独的链路与中心结点相连,各站点之间的通信必须通过中心结点间接实现。

这种结构的优点是便于集中控制、易于维护、安全,而且某端用户设备因为故障而停机时也不会影响其他终端用户间的通信。但这种结构的中心系统必须具有极高的可靠性,否则中心系统一旦损坏,整个系统便趋于瘫痪。

(4) 树型计算机网络。树型网络是星型网络的变异。计算机网络中各结点按层次进行连接,绝大多数结点先连接到次级中央结点上再连到中央结点上,结点所处的层次越高,其可靠性要求越高。这种网络容易扩展和进行故障隔离,但结构比较复杂,而且对根结点的依赖性太大。

(5) 网状型计算机网络。一般又分为有规则型和无规则型,这种结构的最大特点是可靠性高,因为结点间存在着冗余链路,当某个链路出了故障时,还可选择其他链路进行传输。

2. 按计算机网络作用范围划分

(1) 局域网

局域网(Local Area Network, LAN)是指范围在几百米到十几千米内的计算机相互连接所构成的计算机网络。

局域网的拓扑结构主要有总线型、星型和环型。

(2) 城域网

城域网(Metropolitan Area Network, MAN)可以覆盖一个城市;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。城域网一般比较简单。

实际上,使用广域网技术构建与城域网覆盖范围大小相当的网络,更加便捷实用。

(3) 广域网

广域网(Wide Area Network, WAN)通常跨接更大的范围,如一个国家。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。

除了使用卫星的广域网外,几乎所有的广域网都采用存储转发方式。

3. 按计算机网络传输技术划分

(1) 广播式传输计算机网络

在这种计算机网络中,数据在共用介质中传输,所有接入该介质的站点都能接收到该数据,无线网和总线型计算机网络就属于这种类型。这种计算机网络的好处是节省传输介质,但是出现故障后,不容易排除。

(2) 点对点传输计算机网络

在这种计算机网络中,数据以点到点的方式在计算机或通信设备中传输,星型网和环型网采用这种传输方式。这种计算机网络的优点是易于诊断计算机网络故障。

4. 按交换技术划分

按照计算机网络通信所采用的交换技术，可将计算机网络分成以下几类。

- (1) 电路交换计算机网络。
- (2) 报文交换计算机网络。
- (3) 分组交换计算机网络。
- (4) 混合交换计算机网络。

1.2.5 数据交换技术

在现代通信系统中，数据经由通信子网从源结点到目的结点传输时，需要经过若干个中间结点的转接，数据在通信子网中各站点间传输的过程称为数据交换。所谓数据交换技术就是动态分配传输线路资源的技术。常用的数据交换技术主要有两种类型：电路交换和存储转发交换。

1. 电路交换

电路交换是通过网络中的结点在两个站点之间建立专用的通信线路进行数据传输的交换方式。

电路交换源于电话系统。电路交换过程分3个阶段：①建立连接，当用户拨号时，电话交换机（Telephone Switch）从一条输入线上接到呼叫请求，根据被叫者的电话号码寻找一条合适的输出线，然后通过开关（继电器）将二者连通。在呼叫者与接收者的电话之间建立起一条实际的物理线路；②传输数据，通话开始，两端的电话占用该专用线路通话；③拆除连接，直到通话结束拆除该物理线路。

电路交换技术有两大优点：一是传输延迟小，通信实时性强，适于交互通信；二是一旦线路建立，独享物理线路，不会发生冲突，其可靠性和实时响应能力都得到保证。

电路交换的缺点是建立物理线路所需的时间较长。呼叫信号必须经过若干个交换机，各交换机都要根据目的电话号码接通至下一交换机的线路，并最终接通被叫方，这个过程常常需要数秒甚至更长的时间；其次，中间结点不具有存储功能，不具有数据差错控制能力。物理线路的带宽是预先分配好的，即使通信双方都没有数据要交换，线路也不能为其他用户所使用，从而造成带宽的浪费。

这种交换技术不适用于计算机通信，因为计算机数据具有突发性的特点，真正传输数据的时间不到10%。

2. 存储转发交换方式

(1) 存储转发的基本概念

存储转发（Store and Forward exchanging）是计算机网络领域使用得最为广泛的技术之一。存储转发交换方式发送的数据与目的地址、源地址、控制信息按照一定格式组成一个数据单元（报文或分组）进入通信子网；通信子网中的结点（通信控制处理机）负责完成数据单元的接收、存储、差错校验、路由取出报文或分组的目的地址，通过查找交换机中的地址表确定数据输出的端口（路由）将数据转发出去。

存储转发方式的优点主要有以下几点：

1) 由于通信子网中的结点可以存储报文（或分组），因此多个报文（或分组）可以共享通信信道，线路利用率高。

- 2) 报文（或分组）在通过通信子网中的各结点时，均要进行差错检查与纠错处理，可以减少传输错误，提高线路传输的可靠性。
- 3) 通信子网中的结点具有路由功能，可以动态选择报文（或分组）通过通信子网的最佳路径，同时可以平滑通信量，提高系统效率。
- 4) 各结点可以对不同通信速率的线路进行速率转换，也可以对不同的数据代码格式进行变换。

正是由于存储转发交换方式有以上明显的优点，因此，它在计算机网络中得到了广泛的使用。

(2) 存储转发交换的分类

存储转发交换方式可以分为两类：报文交换（Message Exchanging）与分组交换（Packet Exchanging）。

1) 报文交换。

报文交换不事先建立物理电路，当发送方有数据要发送时，不管发送数据的长度是多少，在发送的数据上加上目的地址、源地址与控制信息，组成一个报文。它将要发送的数据当作一个整体交给中间交换设备，中间交换设备先将报文存储起来，然后选择一条合适的空闲输出线将数据转发给下一个交换设备，一级一级中转直至将数据发送到目的结点，这种交换方式就是报文交换。

报文交换特点包括：

- ①相邻结点仅在传输报文时建立结点间的连接，称为“无连接”的交换。
- ②整个报文作为一个整体一起发送。
- ③没有建立和拆除连接所需的等待时间。
- ④线路利用率高。
- ⑤传输可靠性较高。
- ⑥报文大小不一，造成存储管理复杂，且对存储容量要求较高。
- ⑦大报文造成存储转发的延时过长，报文交换不适合交互式数据通信。
- ⑧出错后整个报文全部重发。

2) 分组交换。

分组交换的方法是在发送站将一个长报文分成多个报文分组（简称为分组），发送出去，接收站再将多个接收到的报文分组按顺序重新组织成一个长报文。报文与分组结构的区别如图 1.1 所示。

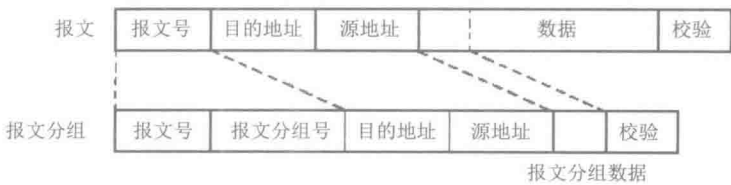


图 1.1 报文与报文分组结构

分组交换的特点：由于分组长度较短，对转发结点的存储空间要求较低，可以用内存来缓冲分组，因此速度快，转发时延小，提高了传输效率，在传输出错时，检错容易并且重发花

费的时间较少,因而它适合于交互式通信。然而,分组和重组报文增加了两端站点的负担。

在实际应用中,分组交换又可分为两类:数据报方式(Datagram, DG)、虚电路方式(Virtual Circuit, VC)。

1.2.6 计算机网络的发展过程

1. 单计算机联机系统

20 世纪 50 年代中后期,多个终端(Terminal)通过通信线路连接到一台中心计算机上,形成了第一代计算机网络。

终端是计算机的外部设备,没有 CPU 和内存,仅有输入、输出(显示器和键盘)功能,联机终端共享主机(Host)的软、硬件资源。

第一代计算机网络的典型应用是:20 世纪 60 年代初,美国航空公司建起了由一台计算机连接美国各地 2000 多个终端的航空售票系统。

这种计算机网络的缺点是:

(1) 主机既要进行数据处理又要负责通信控制,主机负荷重。一旦主机发生了故障,则有可能全网瘫痪,所以可靠性低。

(2) 每个终端都独占一条通信线路,线路利用率极低,尤其是终端距离主机较远时更是如此,通信线路费用昂贵。

为了克服线路利用率低的问题,通常在用户终端较集中的地区设置一台集中器(又称终端控制器),多台终端通过低速线路先汇集到集中器上,然后再用较高速专线,或由公用电信网提供的高速线路,将集中器连到主机上。

2. 计算机—计算机联机系统

20 世纪 60 年代后期,多个主机通过通信线路互连起来的第二代计算机网络兴起。计算机网络结构从“主机—终端”模式转变为“主机—主机”网络模式,将多台计算机用通信线路连接起来。

这种计算机网络的典型代表是美国国防部高级研究计划局委托美国四所高校协助开发的 ARPANET 计算机网络,该计算机网络采用了分组交换技术。ARPANET 是世界上最早投入运行的计算机网络,是计算机网络发展的里程碑,它最后发展成目前的 Internet。

为了减轻主机的负担,将主机之间的通信任务从主机中分离出来,由通信控制处理机(CCP)完成。这样,计算机网络分成通信子网和资源子网两层结构。

通信子网:由通信控制处理机(CCP)、通信线路和通信协议构成,负责数据传输。

资源子网:由与通信子网互联的主机集合组成资源子网,负责运行程序、提供资源共享等。

通信控制处理机在网络中被称为网络结点,网络结点一方面作为与资源子网的主机、终端的连接接口,将主机和终端连入网内;另一方面网络结点又作为通信子网中的数据包储存转发结点,完成数据包的接收、校验、存储转发等功能,实现将源主机数据包发送到目的地的主机作用。

3. 计算机网络体系结构的形成

在最初阶段的计算机网络中,只有同一厂家的计算机可以组成网络,为了使不同厂家、不同结构的计算机间能互相通信,必须具有统一的计算机网络体系结构并遵循相同的国际标准协议。

为此, 国际标准化组织 ISO 于 1984 年颁布了开放式系统互联参考模型——OSI/RM, 并为参考模型的各个层次制定了一系列的协议标准。各计算机设备生产厂商遵循此标准生产的网络设备可以互相通信。OSI 参考模型对网络的发展起了极大的推动作用。

在 ARPANET 的实验性阶段, 研究人员就开始了 TCP/IP 协议的研究。在 1983 年年初, ARPANET 的所有主机开始使用 TCP/IP 协议, 并且赢得了大量的用户和投资。IBM、DEC 等大公司也纷纷支持 TCP/IP 协议, 网络操作系统与大型数据库产品都支持 TCP/IP 协议。由于连接 Internet 必须使用 TCP/IP 协议, 所以 TCP/IP 协议成了事实上的业界标准。网络互联技术从此得到了迅速发展。

4. 高速计算机网络技术的发展

从 20 世纪 80 年代末开始, 出现了光纤及高速计算机网络技术、多媒体、智能计算机网络, 多个局域网互联起来, 整个计算机网络就像一个对用户透明的大型计算机系统, 这就是第四代计算机网络。

世界各地的计算机网、数据通信网以及公用电话网, 通过路由器和各种通信线路连接起来, 利用 TCP/IP 协议实现了不同类型的计算机网络之间相互通信, 形成了 Internet(因特网)。Internet 是世界知识宝库, 它的出现改变了人们的工作、生活、学习、娱乐、购物等方面的方式和习惯, Internet 拉近了人们的距离, 让世界变小, 人们戏称生活在“地球村”中, 生活内容更丰富了。正因为如此, 联合国教科文组织提出: 在当今社会, 不会使用因特网的人是新文盲。

1.2.7 网络体系结构

1. 网络的层次结构

计算机网络的初期, 各厂家的网络间是无法互相通信的。要想在不同厂商的两台计算机间进行通信, 需解决许多复杂的技术问题, 如连接结构相异的计算机; 使用不同的通信介质; 使用不同的网络操作系统; 如何支持不同的应用。这就像不同国家的两个人进行通信一样, 要解决写信使用的语言、信封书写格式、两国邮政通邮的协议、邮局与运输等一系列问题。解决复杂的问题最常采用的方法是将复杂问题分解成多个容易解决的小问题, 逐一解决。

在解决网络通信这样的复杂问题时, 为了减少网络通信设计的复杂性, 人们也按功能将计算机网络系统划分为多个层。每一层实现一些特定的功能。这种层次结构的设计称为网络层次结构模型。

划分层次的原则: 网中各结点都有相同的层次; 不同结点的同等层具有相同的功能; 同一结点间的相邻层之间通过接口进行通信; 每一层使用下一层提供的服务, 并向其上一层提供服务; 不同结点的同等层按照协议实现对同等层之间的通信。

2. 实体与对等实体

在网络的层次结构的每一层中, 用于实现该层功能的元素被称为实体(Entity), 包括该层上实际存在的所有硬件与软件, 如终端、电子邮件系统、应用程序和进程等。不同机器上位于同一层次、完成相同功能的实体被称为对等(Peer to Peer)实体, 如图 1.2 所示。

服务访问点 SAP(Service Access Point), 是相邻层之间进行通信的逻辑接口。每一层都向其上层提供服务访问点。在连接因特网的普通计算机上, 物理层的服务访问点就是网卡接口(RJ-45 接口或 BNC 接口), 应用层提供的服务访问点是用户界面。一个用户可同时使用多个

服务访问点, 但一个服务访问点在特定时间只能为一个用户使用。上层使用下层提供的服务是通过与下层交换一些命令实现的, 这些命令称为“原语”。同一计算机的相邻层之间通过接口 (Interface) 进行通信。

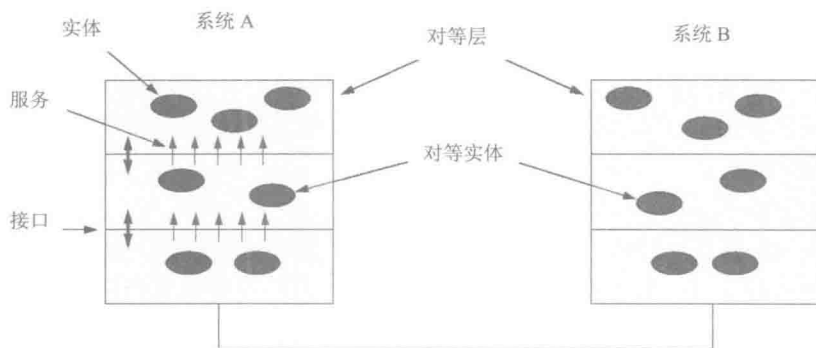


图 1.2 对等层与对等实体

3. 网络协议

在计算机网络中, 两个相互通信的实体上的两个进程间通信, 必须按照预先的共同约定进行。计算机网络中为进行数据交换而建立的规则、标准或约定的集合, 称为网络协议 (Network Protocol)。一个网络协议至少包括三个要素:

语法——数据与控制信息的结构或格式; 语义——规定控制信息的含义, 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 (时序)——即事件实现顺序的说明。

4. 网络体系结构的概念

计算机网络的层次及各层协议和层间接口的集合被称为网络体系结构 (Architecture)。具体地说, 网络体系结构是关于计算机网络应设置哪几层, 每个层应提供哪些功能的精确定义。同一网络中, 任意两个端系统必须具有相同的层次; 不同的网络, 分层的数量、各层的名称和功能以及协议都各不相同。世界上第一个网络体系结构是 IBM 公司于 1974 年提出的, 称为 SNA (System Network Architecture, 系统网络体系结构)。

5. ISO/OSI 开放系统互联参考模型

为了使不同的计算机网络系统间能互相通信, 各网络系统必须遵守共同的通信协议和标准, 国际标准化组织 ISO 于 1983 年提出了开放系统互连参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection / Reference Model)。OSI 参考模型是一个描述网络层次结构的模型。任何两个系统只要都遵循 OSI 参考模型, 相互连接, 就能进行通信。现在, OSI 标准已经被许多厂商所接受, 成为指导网络设备制造的标准。

6. OSI 参考模型的层次结构

OSI 参考模型将计算机网络分为七层, 这七层从低到高分物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层, 其层次结构如图 1.3 所示。

两个用户计算机通过网络进行通信时, 各对等层之间是通过该层的通信协议来进行通信的; 对等层间交换的信息称为协议数据单元 (PDU)。只有两个物理层之间才真正通过传输介质进行数据通信。例如主机 A 发信息给主机 B, 主机 A 的源进程与 A 的应用层通信, 数据逐层下传, 直至物理层, 再经由连接两计算机间的传输介质将数据传到主机 B 的物理层, 然后

在主机 B 中逐层上传，直至 B 的应用层，最终传给主机 B 的目的进程。

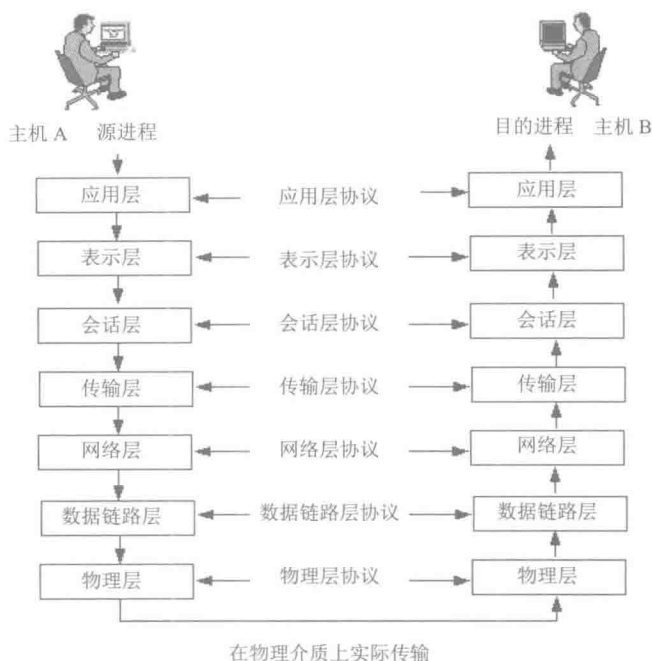


图 1.3 OSI 参考模型两台主机的层次结构及数据流

7. OSI 参考模型各层的主要功能

(1) 物理层

物理层在源和目的主机之间定义有线的、无线的或光的通信规范，如传输介质的机械、电气、功能及规程等特性；建立、管理和释放物理介质的连接，实现比特流的透明传输。

(2) 数据链路层

数据链路层在通信的实体间建立数据链路连接，传递以帧为单位的数据。采用差错控制和流量控制使不可靠的通信线路成为传输可靠的数据链路，实现无差错传输。

数据链路层将网络层传下来的 IP 数据报封装成帧 (Frame)，并添加定制报头，报头中包含目的主机和源主机的物理地址。

(3) 网络层

网络层的主要功能是通过路由选择算法为分组通过通信子网选择适当的路径。网络层还实现流量控制、拥塞控制和网络连接。

(4) 传输层

向用户提供可靠的端到端通信；透明地传送报文；向高层屏蔽了下层通信的细节。

(5) 会话层

在两台机器间建立会话控制，管理两个通信主机之间的数据交换。

(6) 表示层

这一层的主要功能是为异种机通信提供一种公共语言。把应用层提交的数据变换为能够共同理解的形式，提供数据格式、控制信息格式的转换和加密等的统一表示。提供数据压缩和

恢复、加密和解密等服务。

(7) 应用层

应用层是 OSI 系统的最高层，直接为应用进程提供服务，其作用是在实现系统应用进程相互通信的同时，作为应用进程的代理，完成一系列数据交换所需的服务。

8. 数据的封装与解封

数据在网络的各层间传送时，各层都要将上一层提供的协议数据单元（PDU）变为自己 PDU 的一部分，在上一层的协议数据单元的头部（和尾部）加入特定的协议头（和协议尾），这种增加数据头部（和尾部）的过程称为数据打包或数据封装。同样，在数据到达接收方的对等层后，接收方将识别和处理发送方对等层增加的数据头部（和尾部），接收方将增加的数据头部（和尾部）去除的过程称为数据拆包或数据解封。

协议数据单元 PDU（Protocol Data Unit）是指对等层之间传递的数据单位。传输层的协议数据单元称为数据段（Segment）或报文（Message）；网络层的协议数据单元称为数据包（Packet），又称为分组或 IP 数据报；数据链路层的协议数据单元称为帧（Frame）。帧传送到物理层后，以比特流的方式通过传输介质传输出去。

1.2.8 计算机网络技术发展趋势

面向 21 世纪，计算机网络发展的总体目标是要在各个国家、进而在全世界建立完善的信息基础设施（即俗称的信息高速公路）。

支持全球建立完善的信息基础设施的最重要的技术是计算机、通信和多媒体这三个技术的融合。

1. 3G 通信的发展

移动通信网和互联网原来是两个独立的网络，但是随着 3G 业务的出现，它们在相互融合，很多互联网业务正在不断拓展到移动通信网上来，移动互联网功能日益增强。

3G（3rd Generation），即第三代数字通信。1995 年问世的第一代数字手机只能进行语音通话；而 1996 到 1997 年出现的第二代数字手机增加了接收数据的功能，如接收电子邮件或网页；第三代数字手机与前两代的区别不仅是在传输声音和数据时速度的提升，而且能够处理图像、音乐和视频流等多种媒体形式，提供包括网页浏览、电话会议和电子商务等多种信息服务。

通信网、广播电视网、计算机网间的融合在当今信息时代表现出以下特点：第一，通信业正在与广播媒体融合；第二，通信业也在与家电和其他电子技术融合，比如手机导航、信息监控等；第三，通信业与文体和娱乐产业的融合，比如手机音乐、视频点播等。固定网和移动网融合已经初见成效。国家有关部门正积极营造良好条件，通过制订政策措施和统一的标准来规范三网融合的新业务的发展，为 3G 时代的视频化发展道路指明方向。

2. 云计算和虚拟机技术

(1) “云”时代

早在上个世纪 90 年代，人们就感慨：现在计算机技术发展太快，操作系统和各种应用软件越来越大，人们买的计算机用不了几年就感到速度慢了，存储容量小了，以前买的计算机落伍了。为此，Sun 等公司提出“网络就是计算机”的概念，提出今后可以使用网络进行信息的存储和计算，计算机只要具有终端的功能就可以。