

十三五

高等职业教育“十三五”规划教材（计算机类）

数据交换与路由技术

SHUJU JIAOHUAN YU LUYOU JISHU

伍玉秀 嵇静婵◎主 编

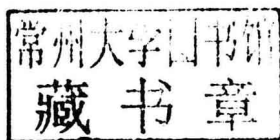
- 以Cisco交换机和路由器的配置及使用为背景，以企业网络的组建过程为主线，分模块、按章节，从不同角度采用不同的方法剖析完整网络的组建过程，展示交换机和路由器在企业网中的应用。
- 全书共分为网络基础模块、交换机模块、路由器模块、网络安全模块4部分。采用“理论+实践”的方式组织编写，对于每一个知识点都增添了实时练习环节，每章都有模拟真实环境的实训，以便更好地满足高职高专院校以就业为导向的人才培养需求。



高等职业教育“十三五”规划教材（计算机类）

数据交换与路由技术

主 编 伍玉秀 嵇静婵
副主编 李若兰 封 旭 钟文基
参 编 黄 超 邓志龙



机械工业出版社

本书以 Cisco 交换机和路由器的配置及使用为背景,完整地展示了交换机和路由器在企业网中的应用。全书分为网络基础知识、交换机配置与管理、路由器配置与管理以及网络安全配置与管理四大模块,主要内容包括:OSI 参考模型,以太网的封装和解封装,以太网技术及 IP 数据交换技术;共享式以太网存在的问题,交换式网络产生的原因,交换机的工作原理,生成树协议,VLAN 技术,链路聚合,端口与地址绑定,三层交换技术;路由器的构成、分类、启动过程与接口类型,IP 路由过程,路由的原理,路由器的配置过程,路由表的结构,路由协议的分类,RIP 和 OSPF 的原理,OSPF 单区域和多区域的配置以及多路由协议的重分布;远程接入技术中的广域网技术和网络安全管理中的访问控制列表、网络地址转换、网关冗余技术的应用。

本书集“教、学、做”为一体,知识精炼,可读性、实用性强,由浅入深,层次分明;可以作为高职院校计算机应用技术、计算机网络技术及通信技术等专业的课程教材,也可供从事计算机网络设计、建设、管理、应用的技术人员参考,还可作为考取网络工程师相关认证的参考用书。

为方便教学,本书配备电子课件等教学资源。凡选用本书作为教材的教师均可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 免费下载。如有问题请致信 cmpgaozhi@sina.com,或致电 010-88379375 联系营销人员。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据交换与路由技术/伍玉秀,嵇静婵主编. —北京:
机械工业出版社, 2017. 1

高等职业教育“十三五”规划教材. 计算机类
ISBN 978-7-111-55871-2

I. ①数… II. ①伍… ②嵇… III. ①数据交换-高等职业教育-教材
②计算机网络-路由选择-高等职业教育-教材 IV. ①TN919.6 ②TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 323342 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 刘子峰 责任编辑: 刘子峰
封面设计: 陈 沛 责任校对: 刘志文
责任印制: 李 洋
保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2017 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.75 印张 · 513 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-55871-2

定价: 42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

前 言

随着计算机技术和网络技术的迅速发展和日益普及，计算机网络已经成为人们生活的一个重要组成部分，培养大批熟练掌握网络技术的高端技能型人才是当前社会发展的迫切需求。数据交换与路由技术是实践性非常强的课程，要想掌握网络设备的配置及应用技术，必须在学习一定理论知识的基础上，以实际项目为依托，做到理论与实践相结合，方能取得理想的学习效果。

本书的编写目的就是为了改变传统教材以理论知识传播为主的模式，采用“理论 + 实践”的方式组织编写，对于每一个知识点都增添了实时练习环节，每章都有模拟真实环境的实训，以便更好地满足高职高专院校以就业为导向的人才培养需求。本书的内容既注重基本知识、基本原理，又密切关系实际，倡导“教中做、做中学、学中教”，突出对高职高专院校学生动手能力的培养；注意把握读者的已有知识背景，依据接受能力，循序渐进地组织教学内容。

本书在内容的安排上以企业网络的组建过程为主线，分模块、按章节，从不同角度采用不同的方法剖析完整网络的组建过程。主要内容包括：OSI 参考模型，以太网的封装和解封装，以太网技术及 IP 数据交换技术；共享式以太网存在的问题，交换式网络产生的原因，交换机的工作原理，生成树协议，VLAN 技术，链路聚合，端口与地址绑定，三层交换技术；路由器的构成、分类、启动过程与接口类型，IP 路由过程，路由的原理，路由器的配置过程，路由表的结构，路由协议的分类，RIP 和 OSPF 的原理，OSPF 单区域和多区域的配置以及多路由协议的重分布；路由器与交换机的安全应用、访问控制列表、网络地址转换、网关冗余技术以及广域网技术应用。

本书由伍玉秀、嵇静婵任主编，李若兰、封旭、钟文基任副主编，参加编写的还有黄超、邓志龙。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

| 目 录 |

前言

模块一 网络基础知识

第1章 认识网络	1
1.1 相关概念	1
1.2 网络的影响	9
1.3 网络的发展趋势	10
1.4 网络的组成	12
第2章 网络分层	20
2.1 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型 ..	20
2.2 应用层	23
2.3 传输层	24
2.4 网络层	31
2.5 数据链路层	33
2.6 物理层	38
第3章 网络编址	43
3.1 认识 IP 地址	43
3.2 子网划分	45
3.3 规划和测试 IP 地址	50
3.4 IPv6	55
3.5 实训：使用 ping 和 tracert 命令 测试网络	59

模块二 交换机配置与管理

第4章 认识交换机	61
4.1 交换机的构成	61
4.2 交换机的特性	62
4.3 交换机的数据交换方式	65
4.4 交换机初始配置	66
4.5 交换机的工作原理	71
4.6 交换机端口安全配置	74
4.7 实训：交换机端口安全配置 ..	77
第5章 VLAN 技术	79
5.1 VLAN 简介	79

5.2 Trunk 和 VTP	83
5.3 VLAN 配置命令	85
5.4 实训：交换机的 VLAN 配置	94

第6章 生成树协议与链路聚合

6.1 生成树协议的基本知识	100
6.2 生成树协议的配置命令	102
6.3 链路聚合	104
6.4 实训：交换机流量控制	109

第7章 三层交换机

7.1 三层交换机的基础知识	111
7.2 三层交换机的配置命令	111
7.3 三层交换机实现路由功能	112
7.4 实训：配置三层交换机实现 VLAN 间通信	114

第8章 交换机综合实训

8.1 实训1：组建虚拟局域网 网	119
8.2 实训2：建立一个小型企业局 域网	119

模块三 路由器配置与管理

第9章 认识路由器

9.1 路由器的组件	122
9.2 路由器的启动过程	123
9.3 路由器的工作原理	129
9.4 路由表	137
9.5 路由器的选择原则	139
9.6 实训：路由器基本配置	140

第10章 静态路由实现网络互连

10.1 静态路由	143
10.2 静态路由总结	154
10.3 默认路由	155

10.4 浮动静态路由	157
10.5 实训：静态路由和默认路由配置	157
第 11 章 动态路由协议	159
11.1 动态路由协议分类	159
11.2 动态路由协议术语	162
第 12 章 距离矢量路由协议——RIP	164
12.1 距离矢量路由协议	164
12.2 RIP	165
12.3 RIPv1	166
12.4 RIPv2	174
12.5 实训：配置 RIP	177
第 13 章 链路状态路由协议——OSPF	179
13.1 链路状态路由协议	179
13.2 OSPF	182
13.3 OSPF 配置	185
13.4 更多 OSPF 应用	193
13.5 实训：OSPF 路由配置	197
13.6 多区域 OSPF	199
13.7 路由重分布	207
第 14 章 边界网关协议——BGP	213
14.1 BGP 概述	213
14.2 BGP 的工作原理	215
14.3 BGP 的配置	217
14.4 IBGP 和 EBGP 的配置	221
第 15 章 路由器管理与维护	223
15.1 路由器文件的备份、恢复和升级	223
15.2 路由器 IP 管理	227

15.3 实训：路由器配置文件和 IOS 的备份与恢复	230
-----------------------------------	-----

模块四 网络安全配置与管理

第 16 章 WAN 技术	235
16.1 WAN 概述	235
16.2 WAN 封装	237
16.3 实训：PPP 封装	247
第 17 章 访问控制列表	248
17.1 标准 ACL	249
17.2 扩展 ACL	254
17.3 命名 ACL	258
17.4 排除 ACL 故障	259
17.5 实训：基本访问控制列表应用	261
第 18 章 网络地址转换	262
18.1 静态 NAT 和动态 NAT	263
18.2 端口地址转换	265
18.3 NAT 故障排除	267
18.4 实训：配置静态和动态 NAT	268
第 19 章 网关冗余和负载平衡	270
19.1 HSRP	270
19.2 VRRP	275
第 20 章 综合案例实施	280
20.1 案例背景	280
20.2 案例 IP 和 VLAN 规划	281
20.3 案例配置任务	282
20.4 案例配置实现	283
参考文献	294

模块一 网络基础知识

第1章 认识网络

随着计算机的普及和 IT 技术的发展, 计算机网络已成为人们生活中不可缺少的一部分。人们通过网络可以方便地与其他人进行交流、查阅信息、共享资源、进行联机游戏等。通信网的发展趋势是电信网、计算机网、有线电视网三网合一——宽带 IP 网。宽带 IP 网之间的通信就是数据通信。

数据通信技术是计算机网络技术发展的基础。计算机出现以后, 为了实现远距离的资源共享, 计算机技术与通信技术相结合, 产生了数据通信。因此, 数据通信是为了实现计算机与计算机或者计算机与终端之间信息交换而产生的一种通信技术, 是计算机与通信相结合的产物。

1.1 相关概念

1.1.1 网络的定义

要想学习网络, 首先需要知道什么是网络。

一般来说, 将分散在不同地点的多台计算机、终端和外部设备通过通信线路互连起来, 彼此间能够互相通信, 实现资源共享(包括软件、硬件、数据等)的整个系统就叫作计算机网络, 如图 1-1-1 所示。

计算机网络是当代计算机技术与通信技术相结合的产物。可以从以下 3 方面来理解:

1) 必须有两台或两台以上的具有独立能力的计算机系统, 以达到共享资源为目的而连接起来。

2) 实现两台或两台以上的计算机连接、共享资源, 必须有一条物理通路。这条通路是由物理介质来实现的。物理介质可以有有线电缆或无线介质。

3) 在计算机网络中通信双方还需要一些网络软件才能实现通信。网络软件与网络硬件相配合, 用于协调、管理、调度和分配网络资源。

1.1.2 数据通信系统的构成

典型的数据通信系统主要由中央计算机系统、数据终端设备和数据电路 3 部分构成, 如图 1-1-2 所示。

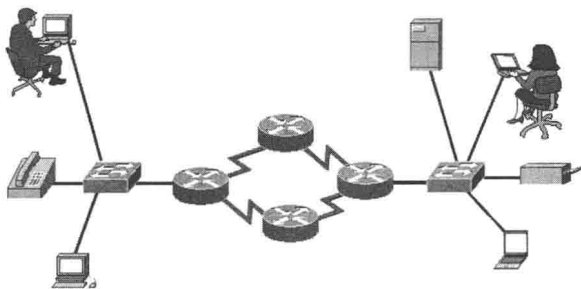


图 1-1-1 计算机网络

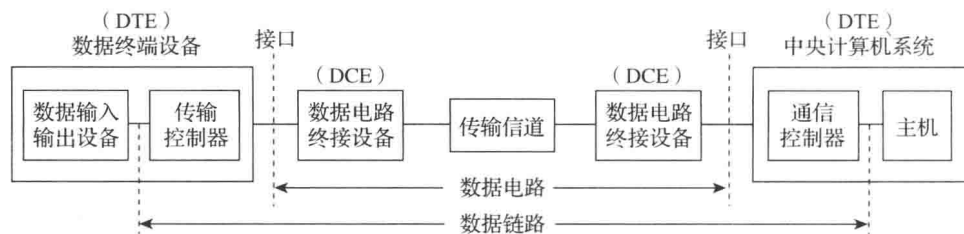


图 1-1-2 数据通信系统的基本构成

1. 数据终端设备

数据终端设备（DTE）是产生数据的数据源或接收数据的数据宿，用于完成数据的接收和发送，由数据输入设备、数据输出设备和传输控制器组成，又可分为简单终端和智能终端（如计算机）。

2. 数据电路

数据电路（Data Circuit）：位于数据终端设备和中央计算机系统之间，为数据通信提供一条传输通道，负责将数据信号从一个数据终端设备传输到另一个数据终端设备。

数据链路（Data Link）：数据电路加上数据传输控制功能后就构成了数据链路。

DCE：是 DTE 与传输信道之间的接口设备，其主要作用是信号变换，使之适合信道传输。DCE 可以是调制解调器、数字接口适配器等。

3. 中央计算机系统

又称为主机，由中央处理单元（CPU）、主存储器、输入/输出设备及其他外围设备组成，其功能主要是进行数据处理。

4. 数据线路、数据电路及数据链路的区别

数据线路（传输信道）：包括有线线路和无线线路，根据通信设备的不同有模拟信道和数字信道之分。

数据电路：数据线路 + DCE（是物理上的概念）。

数据链路：数据电路 + 控制装置（传输控制器和通信控制器）（是逻辑上的概念）。

如果数据通信系统的数据终端设备也是计算机，则该数据通信系统则为人们常说的计算机网络。

1.1.3 数据传输模式

数据信号在信道中传输，可以采取多种方式，即数据传输模式，包括：单工传输、半双工传输和全双工传输；串行传输和并行传输；异步传输和同步传输；基带传输、频带传输和数字传输。

1. 单工、半双工和全双工传输

单工传输：单工传输方式中，两个通信终端间的信号传输只能在一个方向传输，即一方仅为发送端，另一方仅为接收端。

半双工传输：在半双工传输中，两个通信终端可以互传数据信息，都可以发送或接收数据，但不能同时发送和接收，而只能在同一时间一方发送，另一方接收。

全双工传输：在全双工传输中，两个通信终端可以在两个方向上同时进行数据的收发传输。

2. 串行传输和并行传输

串行传输：串行传输方式中只使用一个传输信道，数据的若干位顺序地按位串行排列成数

据流。

并行传输：并行传输就是数据的每一位各占用一条信道，即数据的每一位放在多条并行的信道上同时传送。

3. 异步传输和同步传输

无论是并行传输还是串行传输，在数据发送方发出数据后，接收方都必须正确地区分出每一个代码，这是数据传输必须解决的问题。这个问题是数据传输的一个重要因素，称之为定时。若传输信号经过精确的定时，数据传输率将大大提高。

异步传输：这种方式以字符为传输单位，传送的字符之间有无规律的间隔，这样就有可能使接收设备不能正确接收数据，因为每接收完一个字符之后都不能确切地知道下一个将被接收的字符将从何时开始。

同步传输：在同步传输方式中，发送方以固定的时钟节拍发送数据信号，接收方以与发送方相同的时钟节拍接收数据。

4. 基带传输、频带传输和数字传输

根据数据传输系统在传输由终端形成的数据信号过程中是否搬移数据信号的频谱，即是否进行调制，可把传输方式分为基带传输和频带传输。

基带传输是一种不搬移数据信号频谱的传输体制。基带传输最简单的例子就是由程控电话过程中向交换机传送的音频信号。

频带传输就是在基带传输的基础上在发送端增加了调制，在接收端增加了解调，以实现信号的频带搬移，调制和解调合起来称为 Modem（来自于调制器 Modulator 和解调器 Demodulator 的缩写）。

在数字信道中传输数据信号称为数据信号的数字传输，简称为数字数据传输。我国使用的数字信道是 30 条话路为基群的欧洲体系标准，即 PCM30/32，其基群速率为 2.048Mbit/s。采用数字信道传输数据信号比采用模拟信道的传输方式有传输质量高、传输效率高等优点。

1.1.4 数据交换方式

1. 交换的概念

多个用户之间进行数据通信，最简单的实现方法就是在任意两个用户之间建立直达线路，这种实现方式称为全连接。由全连接方式形成的通信网，叫作完全连接网，如图 1-1-3a 所示。当用户数为 N 时，需要设置 $N(N-1)/2$ 条传输线路，图中 $N=6$ ，则需要 15 条传输线路。

随着用户数的增多，所需的传输线路就越多，因而全连接存在着极大的浪费，为此引入交换的概念，如图 1-1-3b 所示。

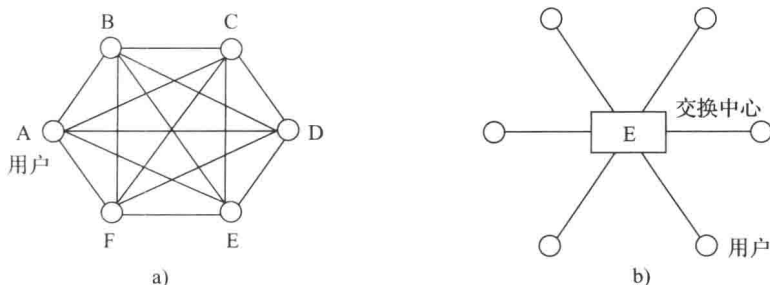


图 1-1-3 网络连接方式

a) 完全连接网 b) 交换网

所谓交换是采用交换机（或节点机）等交换系统，通过路由选择技术在进行通信的双方之间建立物理的/逻辑的连接，形成一条通信电路，实现通信双方的信息传输和交换的一种技术。

具有交换功能的网络称为交换网络，交换中心称为交换节点。通常，交换节点泛指网内的各类交换机，它具有为两个或多个设备创建临时连接的能力。

有了交换的概念才出现网的概念。

2. 交换方式的分类

所谓交换方式是指对应于各种传输模式，交换节点为完成其交换功能所采用的互通（Intercommunication）技术。交换方式主要分为以下两类：

1) 电路交换方式（或线路交换方式）。网络结点内部完成对通信线路（在空间或时间上）的连通，为数据流提供专用的（或物理的）传输通路。

2) 存储/转发交换方式数据通信协议（或信息交换方式）。网络结点运用程序方法先将途经的数据流按传输单元接收并存储下来，然后选择一条合适的链路将它转发出去，在逻辑上为数据流提供了传输通路。

3. 电路交换

电路交换是指两台计算机或终端在相互通信之前，需预先建立起一条实际的物理链路，在通信中自始至终使用该条链路进行数据信息传输，并且不允许其他计算机或终端同时共享该链路，通信结束后再拆除这条物理链路。可见电路交换属于预分配电路资源。

电路交换属于面向连接的交换过程，包含了3个阶段：① 电路建立阶段；② 数据传输阶段；③ 电路拆除阶段。

由于电路交换在通信之前要在通信双方之间建立一条被双方独占的物理通路（由通信双方之间的交换设备和链路逐段连接而成），因而有以下优缺点。

优点：

- 1) 由于通信线路为通信双方用户专用，数据直达，所以传输数据的时延非常小。
- 2) 通信双方之间的物理通路一旦建立，双方可以随时通信，实时性强。
- 3) 双方通信时按发送顺序传送数据，不存在失序问题。
- 4) 电路交换既适用于传输模拟信号，也适用于传输数字信号。
- 5) 电路交换的交换设备及控制均较简单。

缺点：

- 1) 电路接续时间较长，短报文通信效率低。
- 2) 电路资源被通信双方占用，电路利用率低。
- 3) 通信双方在信息传输速率、编码格式、同步方式、通信规程等方面应完全兼容，限制了各种不同速率、不同代码格式和不同通信规程的用户终端之间互通。
- 4) 有呼叫损失（或示忙）。
- 5) 传输质量较多地依赖于线路的性能，因而差错率较高。

电路交换适合于高负荷的持续通信和实时性要求高的场合，如传输信息量较大或通信对象比较确定的用户，比如数字话音和传真等业务。但是电路交换不适合传送计算机与终端或计算机与计算机之间的数据。

4. 报文交换

由于电路交换的资源利用率低,不同类型的用户间不能直接互通、灵活性差,所以,又发展了报文交换,也称为信息交换方式(或文电交换方式)。

报文交换的基本思想是“存储—转发”,即当用户的报文到达交换机时,先将报文存储在交换机的存储器中,当所需要的输出电路有空闲时,再将该报文发向接收交换机或用户终端。报文交换原理如图 1-1-4 所示。

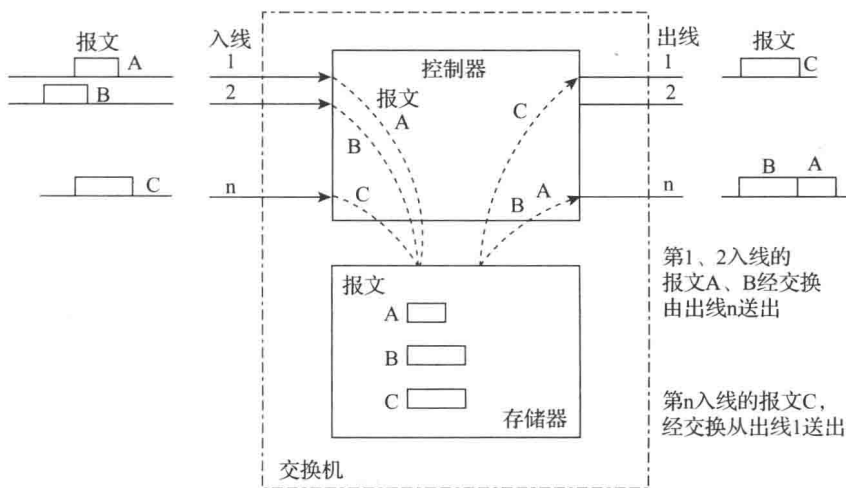


图 1-1-4 报文交换原理

在报文交换方式中,信息是以报文为单位接收、存储和转发。一份报文应包括 3 个部分:① 报头或标题;② 报文正文;③ 报尾。

报文交换的主要特征是交换机存储整个报文,并进行必要的处理。因此,报文交换的主要优点如下。

- 1) 可以实现不同类型终端设备之间的相互通信。
- 2) 线路利用率高。
- 3) 无呼叫损失。
- 4) 可实现同文报通信,即同文多投。

但是,交换机要有能力存储转发用户发送的报文,其中有的报文可能很长,这就要求交换机要有高速处理能力和大存储空间。因此,报文交换机的设备比较庞大、费用高,且报文通过交换机的时延大,时延抖动也大,不利于实时通信。

5. 分组交换

电路交换技术的传输时延小,但电路接续时间长,线路利用率低,且不能进行不同类型的终端相互通信;而报文交换虽然可解决上述问题,但信息传输时延太长,不能满足许多数据通信系统的实时性要求。因此,在报文交换后出现了分组交换。

分组交换的基本原理也是“存储—转发”的方式。把报文分成若干个比较短的、具有一定格式的“分组”(或称为数据包)进行交换和传输,既接收速度快、传输时延小,满足实时性要求,且线路利用率高,并可实现不同类型的终端间相互通信。分组交换原理如图 1-1-5 所示。

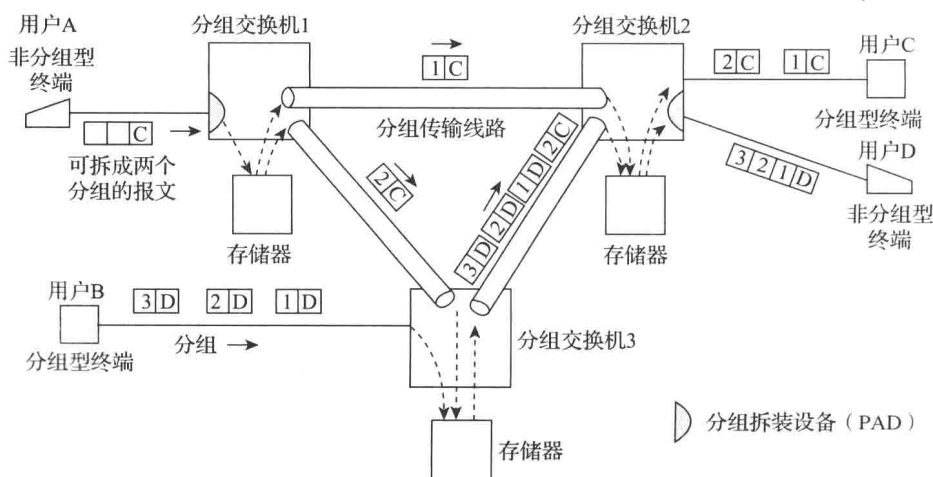


图 1-1-5 分组交换示意图

说明：①来自不同终端的不同分组可以去往分组交换机的同一出线；
②NPT 需经 PAD 才能接入分组交换网；③分组交换采用的方法是 STDM。

分组头	用户数据
-----	------

分组是由分组头和用户数据部分组成的，如图 1-1-6 所示。

图 1-1-6 分组结构

分组头包含收发地址和一些控制信息，其长度为 3 ~ 10 个字节；用户数据部分长度一般为 128 个字节，最大不超过 256 个字节。

分组交换的优点如下：

- 1) 传输质量高。
- 2) 可靠性高。
- 3) 可实现分组多路通信。
- 4) 能提供不同类型终端间的通信。
- 5) 能满足通信实时性要求。
- 6) 经济性好。
- 7) 线路利用率高。

分组交换的缺点如下：

- 1) 对长报文通信的传输效率低。
- 2) 要求交换机有较高的处理能力。

分组的传输方式有两种：数据报（DG）和虚电路（VC）方式。

数据报方式是将每一个数据分组，当作一份独立的报文看待。分组交换机为每一个数据分组独立地寻找路径，同一终端送出的不同分组可以沿着不同的路径到达终点。在网络终点，由于每一个分组所经过的路由不同，因此，它们到达终点的时间先后不一样，这样分组的顺序可能不同于发送端，需要重新排序。

虚电路方式是两个用户终端设备在开始互相传输数据之前必须通过网络建立一条逻辑上的连接（称为虚电路），一旦这种连接建立以后，用户发送的数据（以分组为单位）将通过该路径按顺序通过网络传送到终点。当通信完成之后用户发出拆链请求，网络清除连接，如图 1-1-7 所示。

虚电路方式的特点如下：

- 1) 一次通信具有呼叫建立、数据传输和呼叫清除 3 个阶段，对于数据量较大的通信传输效率高。
- 2) 数据终端之间的路由在数据传送之前就被决定，不必像数据报那样节点要为每个分组进行路由选择。
- 3) 数据分组按已建立的路径顺序通过网络，在网络终点不需要对分组进行重新排序，分组传输时延小，而且不容易产生数据分组的丢失。
- 4) 当网络中由于线路或设备故障可能使虚电路中断时，网络可提供虚电路重连接的功能。终端用户感觉不到网络中发生了故障，只是出现暂时性的分组传输时延加大。

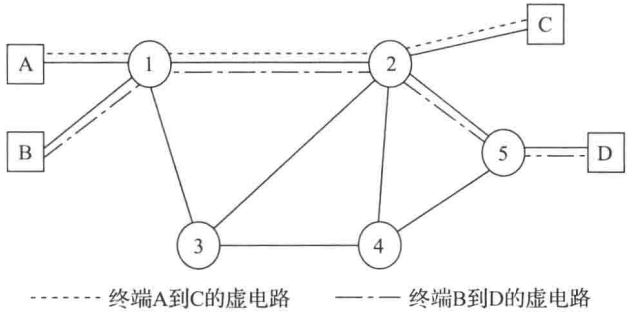


图 1-1-7 虚电路方式原理

6. 帧中继

帧中继是一种快速分组交换（FPS）技术，是分组交换的升级，它是在 OSI 参考模型第二层（数据链路层）上使用简化的方式传送和交换数据单元的一种技术。由于在数据链路层的数据单元一般称作帧，故称为帧中继。

7. ATM

ATM（Asynchronous Transfer Mode，异步传输模式）是一种信息传送、交换和复用的综合技术，是一种面向连接的快速分组交换技术，它使用固定长度的信元（53 个字节）进行异步时分复用，可以同时传送各种信息，包括话音、数据、图像和视频等。

ATM 的特点如下：

- 1) 采用固定长度信元。
- 2) 采用异步（统计）时分复用方式。
- 3) 采用面向连接的方式。
- 4) 取消了每条链路上的差错控制和流量控制。
- 5) 信息域被透明传输，简化了结构。
- 6) 综合多种业务，应用广泛。
- 7) ATM 既有电路交换的优点，又有分组交换的特点。

信元结构由 53 个字节构成，其中 5 个字节是信元头，48 个字节是信息域（或称净负荷、净荷），如图 1-1-8 所示。

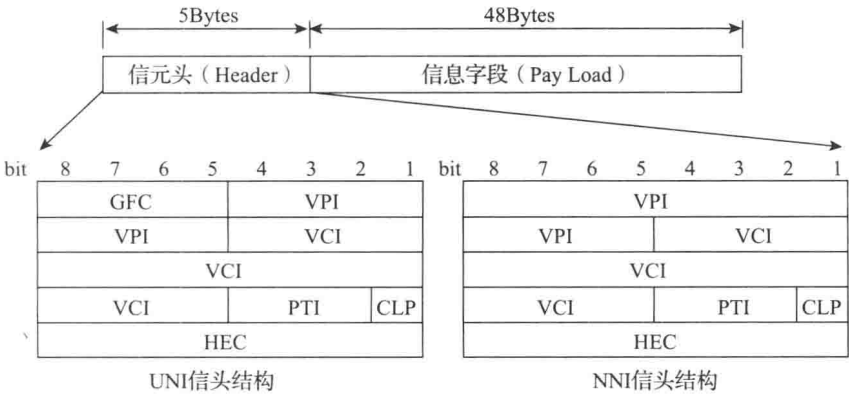


图 1-1-8 信元结构和信头结构

ATM 信元头各字段的含义如下。

1) GFC: 一般流量控制标识符, 对终端设备发送的业务量进行控制, 以减少可能出现的网络过载。

2) VPI: 虚通道标识符, 表明虚通道的号码, 用于虚通道的路由选择。一个虚通道可含有若干个虚通路 (VC)。

3) VCI: 虚通路标识符, 表明虚通路的号码, 用于虚通路的路由选择。

4) PTI (3bit): 净荷类型标识符, 表示信元中的有效负荷是用户信息还是网络 OAM 信息, 包括信元类型、拥塞状态指示和是否是最后信元等信息。

5) CLP: 信元丢弃优先级。CLP = 1 表示是低优先级信元, 网络拥塞时可丢弃; CLP = 0 的信元则不可丢弃, 网络尽量保证传输。

6) HEC: 信头差错控制, 用来进行信头 (前 4 个字节) 差错检测和纠正 (1bit 错时) 并完成信元的定界功能, 其校验多项式是 $x^8 + x^2 + x + 1$ 。

ATM 交换是指 ATM 信元从输入端的逻辑信道到输出端的逻辑信道的信息交换。ATM 逻辑信道以 VPI/VCI 来表征。

ATM 的虚连接分成两个等级: 虚通道连接 (VPC) 和虚通路连接 (VCC)。

ATM 连接是逻辑上的“虚连接”, 故称“虚电路”。信元传输必须在虚电路建立之后, 才能进行; 信元按序发送, 并按序到达目的终端; 各虚电路拥有自己的业务性能参数。虚连接有两种, 永久虚连接 (PVC) 和交换虚连接 (SVC)。PVC 与 SVC 的不同点在于 SVC 是靠信令来建立的, 而 PVC 的建立是通过网管操作来实现的。

虚通路 (VC): 两个终端接入点的逻辑连接。

虚通道 (VP): 一组虚通路的集合。

在 ATM 中一个物理信道被分成若干个 VP, 一个 VP 又被上千个 VC 复用。VPI 标识 VP, VCI 标识 VC。一个呼叫链路可用 VPI/VCI 标识所分配的虚通道和虚通路, 如图 1-1-9 所示。

VP 和 VC 交换过程如下: 在相邻两点间形成一个 VC 链, 一串 VC 链相连形成的 VC 连接叫作 VCC。VP 链和 VPC 也可以类似的方式形成, 如图 1-1-10 所示。

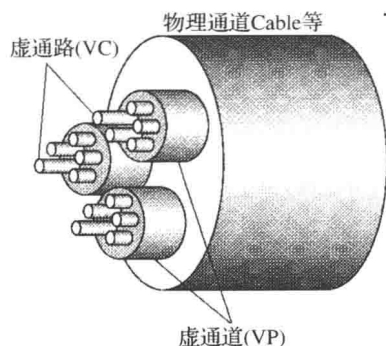


图 1-1-9 物理通道、VC 和 VP 的关系

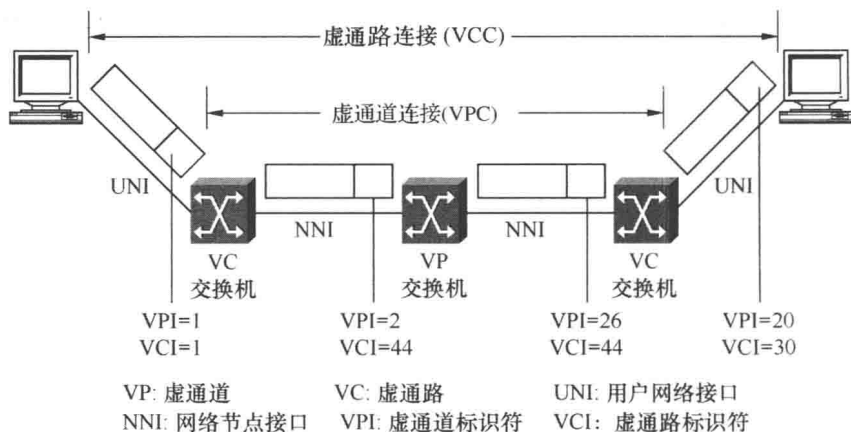


图 1-1-10 VCC 和 VPC 的连接过程

ATM 信元交换既可在 VP 级进行, 也可在 VC 级进行, 如图 1-1-11、图 1-1-12 所示。

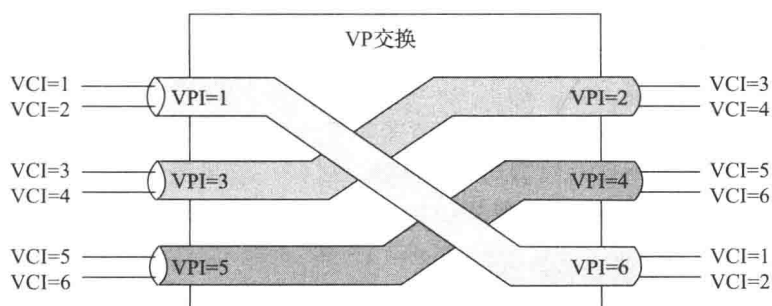


图 1-1-11 VP 交换过程

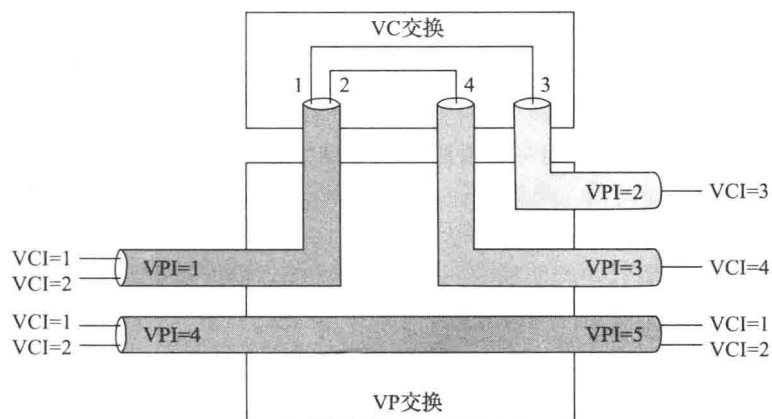


图 1-1-12 VC 交换过程

1.2 网络的影响

由于计算机网络具有数据通信、资源共享和分布处理等功能，所以其应用非常广泛，已经深入到社会的各个方面。人们的生活、学习、工作和娱乐都离不开网络。

1. 网络对生活的影响

与通信技术的每次进步一样，计算机网络技术也正在深刻地影响着人们的生活。在古代，人们近距离的交流使用语言，远距离的交流使用书信；后来人们可以通过电话、手机等电子通信设备进行交流。如今，随着网络的普及和低廉的成本，使得越来越多的人喜欢通过 Internet 进行交流。

Internet 正以令人难以置信的速度成为人们日常生活中不可或缺的一部分，如图 1-2-1 所示。对于将网络视为个人生活重要一部分的用户而言，一天当中，Internet 提供的资源可帮助其解决生活上的很多事情，例如：

- 1) 查看当前天气预报。
- 2) 使用网上地图查找通往目的地的最畅通路线。
- 3) 使用支付宝支付账单。
- 4) 使用计算机接收和发送电子邮件。
- 5) 根据下载的食谱制作一顿丰盛的晚餐。

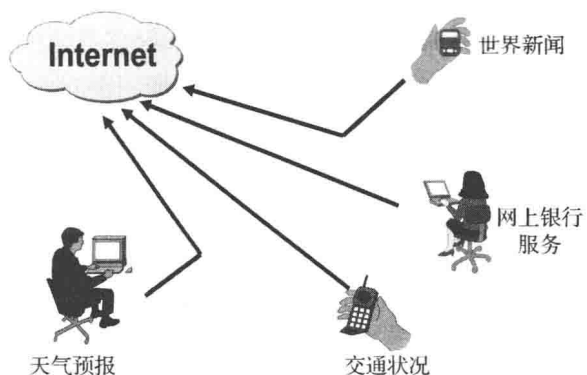


图 1-2-1 人们的生活离不开网络

- 6) 通过微信朋友圈发布信息以分享自己的各种经历。
- 7) 使用 QQ 或微信聊天工具与家人或朋友交流。
- 8) 在网上商城购买商品。
- 9) 在线看新闻、听音乐、看电视或电影。

2. 网络对学习的影响

近年来,随着计算机网络技术在教育领域的广泛应用,网络学习作为一种新的学习方式正在不断普及,其丰富的学习资源、灵活交互模式和不受时间和空间的限制等特点备受学习者的青睐。目前,人们利用计算机网络进行学习已经成为一种趋势。

网络在人们的日常学习中以各种角色出现,它冲击着传统的教育和学习方式,对传统的教育模式和学习能力培养方式提出了挑战,使教师与学生的角色发生转变。在网络时代,学习将成为人们的一种内在需要。

在传统课堂教学中,学生集中在学校学习,学习时空受到很大的限制。而“网络教育是一所无形的学校,一切教学活动都在网上进行,几乎没有教室和实验室,学生无须到校上学,教师也不必到校上课。”由于网络上的一切资源都是共享的,在任何时候、任何地方,只要认为有必要时,都可以进行自由学习。

网络时代宣告了学习化社会和社会化学习时代的真正来临,终身学习有了根本的依托。网络环境在给教育和教学带来了巨大变革的同时,必然也会对传统的学习能力提出新的挑战。对这一挑战的回应,将会决定人们在网络时代下生存和发展的质量。

3. 网络对工作的影响

最初,网络用于在企业内部记录和管理财务、客户等信息。后来,这些企业网络逐渐演变为可传输多种不同类型的信息服务(包括发布网页、电子邮件和共享文件等)。

以下两个场景充分展示出人们是如何使用网络技术完成工作的。

场景1:德国的农民使用配有全球定位系统(GPS)的便携式计算机来精确且高效地种植农作物。在收割时节,农民可根据粮食运输机和仓储设施的忙闲度调整收割时间。通过移动无线技术,粮食运输机可监控在运车辆以保持最高的燃料效率和安全运行,状态变化可以立即传递到车辆驾驶员处。

场景2:出差在外的员工可在地使用安全的远程访问服务。网络使他们的远程工作就像在现场一样,可以访问平常工作要使用的基于网络的所有工具,可以召开外出员工参加的虚拟会议。

4. 网络对娱乐的影响

如今人们普遍使用 Internet 享受多种形式的娱乐消遣。例如,人们可以在旅行之前通过 Internet 了解一下旅程信息,还可以将旅程的详细信息和照片发布到网上,供其他人查看。可以通过 Internet 收听歌曲、欣赏电影、阅读书籍和下载资料。网上商城和拍卖网站提供了购买、销售和交易所有类型商品的机会。

总之,通过网络可以做很多事情,包括工作、学习和生活,而且网络总在不断地提升着用户的体验感受。

1.3 网络的发展趋势

关心当前网络的发展趋势,可以预测未来一段时期内网络的发展方向和就业前景。

1. 网络未来的发展方向

通过将多种不同的通信介质融合到单个网络平台中,网络容量将成指数倍增长。形成未来复杂信息网络的3个主要趋势如下:

1) 网络终端移动化。随着手机、便携式计算机和个人数码助理 (PDA) 等手持移动设备的增加, 必然会有更多移动设备需要加入网络, 这将会产生要求组网方式更灵活、覆盖范围更广和安全性要求更高的无线服务市场。

2) 网络设备功能多元化。计算机只是当今信息网络众多设备中的一种, 现在有越来越多的新技术产品实现各种各样的网络服务。例如, 有网络功能的智能手机让用户随时随地在服务范围内访问 Internet。除移动设备外, 还有 IP 语音 (VoIP) 设备、游戏系统和各式各样的智能家电和商用装置, 它们都可以连接和使用网络服务。

3) 网络服务移动化。随着移动网络和移动终端的不断完善, 移动业务也随之增多。例如, 与传统互联网相似, 移动互联网用户使用频率最高的网络服务同样是沟通与信息的获取。根据中国互联网络信息中心 (CNNIC) 在 2013 年初发表的报告, 手机即时通信、手机微博、手机社交网站、手机邮件已经位列移动互联网用户需求的前几位。可见, 移动互联网的沟通社交服务仍有巨大的发展空间。

2. 下一代网络技术

现在人们对通信业务的需求越来越高, 特别是 20 世纪 90 年代以来, 随着 Internet 的迅猛发展, 大量的数据业务、视频业务涌现出来: IP 电话、移动数据、短消息、会议电视、网上教育、网上医疗、网上咨询、网上股票交易、电子商务、电子政务、互动游戏、视频点播、远程 IP 监视等。面对如此丰富多彩的通信业务, 单一业务的电信网、计算机网络、有线电视网已经无法满足人们的需求, 于是人们希望有一个综合业务的网络, 由此提出了“下一代网络 (Next Generation Network, NGN)”的概念, 如图 1-3-1 所示。

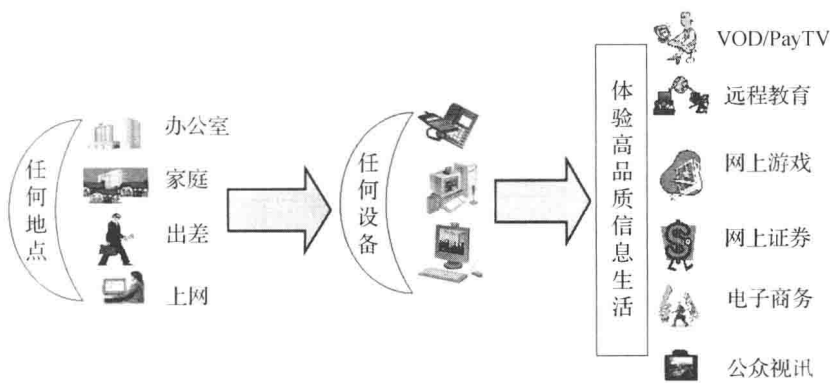


图 1-3-1 下一代网络的功能

所谓“下一代网络”是一个定义极其松散的术语, 泛指一个不同于目前一代的、以数据为中心的融合网络。下一代网络的出现与发展不是革命, 而是演进。随着 IP 技术的发展, 人们认识到电信网、计算机网络及有线电视网将最终汇集到统一的 IP 网络, 即人们通常所说的“三网”融合大趋势, 如图 1-3-2 所示。IP 技术使得各种以 IP 为基础的业务都能在不同的网上实现互通, 成为三大网都能接受的通信协议, 从技术上为下一代网络奠定了坚实的基础。

我国早在“十一五”规划纲要中已经提出了“三网融合”的目标, 2010 年 6 月 30 日三网融合开始进入落地实施阶段, 当前仍在实施推进当中。三网融合对于大众家庭而言, 无疑是件好事, 只需要一根网线就可以上网、看电视、在线浏览, 带来的最



图 1-3-2 三网融合