

- 路由器基本概念
- 路由技术及有关协议
- 路由器的 ROS 基础
- 静态路由和动态路由
- 路由器 IP/IPX 配置
- 路由器的选购策略和故障解决

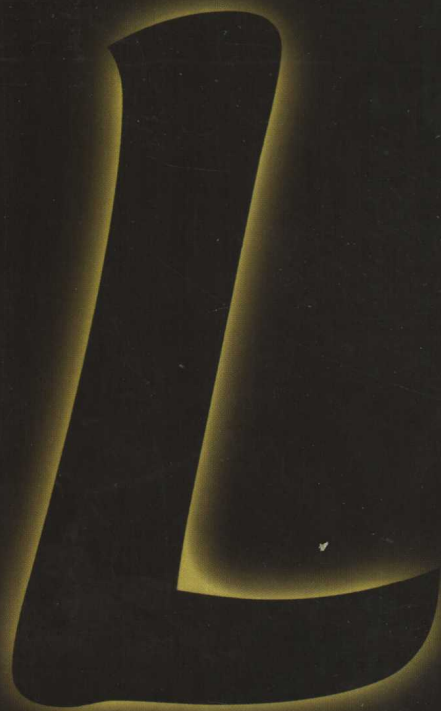
路由器

LUYOUQI JI QI

YINGYONGJISHU

及其应用技术

黎连业
张 维
向东明 编著



5.05



清华大学出版社

路由器及其应用技术

黎连业 张维 向东明 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从路由器与路由器使用技术开始,较为详细地介绍了什么是路由器,路由器的核心技术,路由器技术所包含的内容,路由器的使用方法以及为什么要重视路由器技术,以引导网络工程技术人员学习路由器技术,提高路由器应用水平。

本书由12章组成,分别为路由器的基本概念、路由技术和有关协议介绍、路由器ROS基础、路由器系统配置命令的操作、静态路由和动态路由、路由器IP配置、路由器IPX配置、路由器的广域网与相关线路的配置、访问控制表、NAT技术简介、部分公司的路由器产品介绍及路由器应用的有关问题。

本书叙述清楚、通俗易懂,由浅入深地引导读者了解路由器,掌握路由器技术和路由器设置,进而建立自己的路由器网络系统。

本书可供网络工程技术人员参考,也可供网络管理人员、大专院校计算机专业的师生和计算机网络用户阅读。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

路由器及其应用技术/黎连业,张维,向东明编著. —北京:清华大学出版社,2004

ISBN 7-302-08607-9

I. 路… II. ①黎…②张…③向… III. 计算机网络—路由选择 IV. TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第041752号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:胡伟卷

文稿编辑:刘金喜

封面设计:天福彩文

版式设计:康 博

印 装 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:18 字数:416千字

版 次:2004年6月第1版 2004年6月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-08607-9/TP·6171

印 数:1~4000

定 价:28.80元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、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)62770175-3103或(010)62795704。

前 言

本书是一本学习路由器的书籍。也是购买、安装、操作路由器非常好的参考书，尤其适合于网络工程技术人员、网络管理人员阅读。

路由器是局域网、广域网中的一个重要设备，它有自己的操作系统(ROS)和一套操作命令。在普通教材和短期培训班中仅对路由器做简单介绍，许多读者、学员提出了意见，要求把路由器讲得深一点，以便在工作中应用起来得心应手，为此，编者总结了中科院计算所(二部)网络研究开发中心培训部和实达网络大学北京分院的教学经验，以实达路由器产品和技术资料为主，综合其他厂家的路由器产品技术，编写了本书。本书由12章和一个实验附录组成。

第1章讲述路由器的原理、组成、体系结构、有关术语、类型、功能和路由器的发展。

第2章讲述路由技术、路由协议、内部和外部网关协议，静态路由、动态路由和有关路由协议。

第3章讲述路由器的物理构成以及路由器操作系统基本概貌。

第4章讲述路由器的操作命令(普通用户层、特权用户层、全局配置层)的具体使用。

第5章讲述路由器如何选择路径，静态路由，动态路由以及RIP、IGRP、OSPF协议。

第6章讲述接口IP地址的配置、静态路由配置、启用IP路由、IP主机表、DNS配置、DHCP配置和MTU配置等。

第7章讲述IPX协议、IPX数据报、IPX封装类型和IPX的配置。

第8章讲述点到点专线、帧中继协议、帧中继配置、ISDN协议、拨号路由和ISDN配置。

第9章讲述访问列表、标准的和扩展的IP访问列表、接口上应用的访问列表、命令访问列表等。

第10章讲述NAT概念和NAT配置。

第11章讲述目前市场上较有影响的思科公司路由器产品、华为公司路由器产品、Vigor宽带路由器产品。通过这些产品的介绍，使读者能够全面衡量各家公司产品的技术和应用，为选择产品奠定基础。

第12章讲述中低端路由器产品的性能指标，路由器产品的选购策略、选购注意事项，路由器安全设计原则，有关公司路由器产品的快速安装，路由器的故障诊断等。

附录为实习与操作。

通过本书的阅读，读者应能够较好地安装和使用路由器，要求：

- 认识路由器
- 进行LAN、WAN、静态路由器的配置
- 进行帧中继线路的路由器配置
- 进行ISDN线路的路由器配置

- NAT 的配置
- 路由协议的配置

本书由黎连业、张维和番禺职业技术学院的向东明执笔。在编写过程中，王月冬、李淑春、黎娜、卞银根、王兆康、王安等同志提出了修改意见，并协助进行了稿件整理；北京中科天博的王钢、刘春阳、张洪波、张静、刘品全、滕华、张黎明、宋建军、梁燕等同志为本书的写作提供了许多方便，在此一并表示感谢。

本书引用实达公司的技术资料征得了实达公司培训部经理高爱红女士的同意，同时引用了思科、华为、3Com、Intel 等公司馈赠的技术白皮书，在此表示感谢！

由于创作时间仓促，本书错误与不足之处在所难免，还望广大读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 路由器的基本概念	1
1.1 路由器的原理	1
1.1.1 路由器的组成原理	1
1.1.2 路由器在 OSI/RM 中的位置	2
1.1.3 路由器的作用	2
1.2 路由器的一般结构	4
1.3 路由器的体系结构	13
1.4 路由器中的几个重要术语	14
1.5 路由器的类型	18
1.6 路由器的功能与优点	21
1.7 路由器的发展	22
1.8 路由器的有关叫法	24
1.8.1 骨干路由器	24
1.8.2 多功能路由器	27
1.8.3 边缘路由器	28
1.8.4 应用服务路由器	29
第 2 章 路由技术和有关协议介绍	30
2.1 路由技术介绍	30
2.1.1 被路由的协议和路由选择协议	30
2.1.2 内部网关路由选择协议和外部网关路由选择协议	31
2.1.3 认识静态路由和动态路由	32
2.1.4 适用于动态路由算法的距离向量法	32
2.1.5 链路状态算法	34
2.1.6 两种算法的比较	35
2.2 路由器的有关协议	36
第 3 章 路由器的 ROS 基础	37
3.1 网络互连和路由器	37
3.2 路由器的硬件构成	38
3.3 路由器的功能——路径选择和包转发	39
3.4 实达 ROS 界面	41
3.4.1 通过 Telnet 或 Console 登录到路由器	42

3.4.2	熟悉实达 ROS 命令行界面	46
3.5	用 setup 来配置路由器	49
3.6	LAN 口、WAN 口和基本路由配置	51
3.7	口令设置与口令恢复	51
3.7.1	设置口令	51
3.7.2	用开机监控模式恢复口令	52
3.7.3	用 ROM 模式恢复口令	53
3.8	ROS 的启动顺序	54
3.9	show、ping、debug 命令	54
3.10	配置文件和 ROS 映像的操作	57
3.10.1	开机监控模式下的操作	57
3.10.2	ROM 模式下的操作	59
3.10.3	正常工作模式下的操作	60
第 4 章	路由器系统配置命令的操作	63
4.1	普通用户层系统配置命令的操作	63
4.1.1	enable	63
4.1.2	exit	63
4.1.3	help	64
4.1.4	ping	64
4.1.5	traceroute	64
4.2	特权用户层系统配置命令的操作	65
4.2.1	clear	65
4.2.2	config	65
4.2.3	debug	66
4.2.4	disable	67
4.2.5	erase	67
4.2.6	exit	67
4.2.7	help	67
4.2.8	monitor	67
4.2.9	no	67
4.2.10	ping	68
4.2.11	reboot	68
4.2.12	recover	68
4.2.13	setup	68
4.2.14	show	68
4.2.15	start-chat	73
4.2.16	traceroute	74

4.2.17	telnet	74
4.2.18	copy	74
4.2.19	factorytest	75
4.2.20	write	75
4.3	全局配置层命令的操作	76
4.3.1	access-list	76
4.3.2	bridge	76
4.3.3	chat-script	76
4.3.4	Dialer-list	76
4.3.5	dial-string-pool	76
4.3.6	enable	77
4.3.7	exit	77
4.3.8	Firewall	77
4.3.9	frame-relay	77
4.3.10	hostname	77
4.3.11	interface	78
4.3.12	ip	78
4.3.13	ipx	79
4.3.14	line	79
4.3.15	priority-list	80
4.3.16	router	80
4.3.17	snmp-server	80
4.3.18	timeout	80
4.3.19	username	81
4.4	其他配置层命令	81
4.4.1	路由 RIP 协议配置层	81
4.4.2	路由 OSPF 协议配置层	81
4.4.3	以太网配置层	82
4.4.4	异步口配置层	82
4.4.5	同步口配置层	83
4.4.6	BRI 口配置层	83
4.4.7	Dialer 设备配置层	84
4.4.8	Line 配置层	84
第 5 章	静态路由和动态路由	86
5.1	路由器如何选择路径	86
5.2	静态路由和动态路由的比较	92
5.3	静态路由介绍	96

5.4	动态路由介绍	97
5.5	RIP 路由协议	101
5.6	IGRP 路由协议	104
5.7	OSPF 路由协议	106
5.7.1	Star-R 系列路由器中的 OSPF 特色	107
5.7.2	OSPF 配置任务列表	107
5.8	路由配置的核验	110
第 6 章	路由器 IP 配置	111
6.1	接口 IP 地址的配置	111
6.2	辅助地址	111
6.3	配置静态路由	112
6.4	启用 IP 路由	116
6.5	配置主机名	116
6.6	IP 主机表	116
6.7	DNS 配置	117
6.8	DHCP 配置	117
6.9	MTU 的设置	119
第 7 章	路由器 IPX 配置	121
7.1	IPX 协议栈	121
7.2	IPX 数据报	122
7.2.1	IPX 地址编码	122
7.2.2	IPX 路由选择	123
7.2.3	内部网络	123
7.3	IPX 封装类型	124
7.3.1	Ethernet II	125
7.3.2	Ethernet_802.3	126
7.3.3	Ethernet_802.2	126
7.3.4	Ethernet_SNAP	126
7.3.5	多重帧类型的路由选择	127
7.4	SAP 和 RIP	128
7.4.1	SAP	129
7.4.2	SAP 和 RIP 操作实例	131
7.5	IPX 配置	133
7.5.1	准备	133
7.5.2	启用 IPX 和配置接口	133
7.5.3	路由选择协议	136

第 8 章 路由器的广域网与相关线路的配置	138
8.1 点到点专线	138
8.1.1 HDLC 和 PPP 配置	140
8.1.2 广域网布线标准	141
8.2 帧中继协议	142
8.2.1 帧中继的特征和术语	142
8.2.2 LMI 和封装类型	143
8.2.3 DLCI 地址分配和帧中继交换	145
8.2.4 使用帧中继网络层的注意事项	147
8.3 帧中继配置	151
8.3.1 不使用子接口配置网络	152
8.3.2 使用点到点子接口配置网络帧中继协议	154
8.3.3 同时使用点到点和多点子接口配置网络	157
8.4 ISDN 协议和设计	160
8.4.1 ISDN 通道	160
8.4.2 ISDN 协议	160
8.4.3 ISDN 功能组和参考点	161
8.4.4 ISDN 的典型使用	163
8.4.5 PAP 和 CHAP	164
8.4.6 多链路 PPP	165
8.5 按需拨号路由和 ISDN 配置	165
8.5.1 配置 DDR	166
8.5.2 Star-R 系列路由器支持的两种 DDR	167
8.5.3 典型 DDR 配置案例	169
8.5.4 ISDN 配置	171
8.6 广域网选项的比较	175
第 9 章 访问控制列表	177
9.1 访问列表概述	177
9.2 标准 IP 访问列表	177
9.2.1 标准 IP 访问列表的命令语句	177
9.2.2 标准 IP 访问列表的例子	179
9.2.3 配置标准 IP 访问列表的注意事项	179
9.3 扩展 IP 访问列表	179
9.4 在接口上应用访问列表	183
9.5 访问列表的核验	183
9.6 命名的访问列表	184

第 10 章	NAT 技术简介	185
10.1	NAT 综述.....	185
10.2	限 NAT 配置.....	186
10.2.1	在内部和外部接口上启用 NAT.....	186
10.2.2	将内部地址映射到外部地址池.....	186
10.2.3	定义内部地址范围.....	187
10.2.4	定义外部地址池.....	187
第 11 章	部分公司的路由器产品	188
11.1	思科(Cisco)路由器产品.....	188
11.1.1	Cisco 12000 系列千兆级交换式路由路.....	188
11.1.2	Cisco 7513/7507/7505 系列.....	190
11.1.3	Cisco 7000/7010 系列.....	191
11.1.4	Cisco 7200 系列.....	192
11.1.5	Cisco 4000 系列.....	195
11.1.6	Cisco 2500 系列.....	198
11.1.7	Cisco 1600 系列与 WAN 接口卡.....	203
11.2	华为路由器产品.....	206
11.2.1	Quidway R1600 系列路由器.....	206
11.2.2	Quidway R2500 系列路由器.....	210
11.2.3	Quidway R1760 路由器.....	215
11.2.4	Quidway R2620 系列路由器.....	220
11.2.5	Quidway R2630 系列路由器.....	225
11.2.6	Quidway R3600 系列路由器.....	230
11.3	Vigor 宽带路由器产品.....	234
11.3.1	Vigor 2200 系列宽带路由器.....	234
11.3.2	Vigor 2300 系列高速 VPN 宽带路由器.....	234
11.3.3	Vigor 2600 系列高速 ADSL 宽带路由器.....	235
11.3.4	无线系列宽带路由器.....	236
第 12 章	路由器应用的有关问题	237
12.1	中、低端路由器产品的性能指标.....	237
12.2	路由器产品的选购.....	238
12.2.1	选购策略.....	238
12.2.2	选择网络路由器要注意的事项.....	240
12.3	路由器安全的设计原则.....	242
12.4	部分公司路由器产品的使用.....	243

路由器及其应用技术

12.4.1 Express 9000 系列路由器的快速安装.....	243
12.4.2 Intel 500 系列交换机与 VLAN 之间的路由配置	244
12.5 路由器的故障诊断	245
附录 实习与操作.....	249

第 1 章 路由器的基本概念

1.1 路由器的原理

路由器(Router)是一台计算机，因为它的硬件和计算机类似。路由器通常包括以下部件：

- 处理器(CPU)
- 不同种类的内存，用于存储信息
- 操作系统，提供各种功能
- 各种端口，用于连接外围设备或允许它和其他计算机通信

当前，常用的路由器具有 3 层交换功能，提供 1000Mbps 端口的速率、服务质量(QoS)、多点广播(multicasting)能力。

1.1.1 路由器的组成原理

一般路由器的组成如图 1-1 所示。

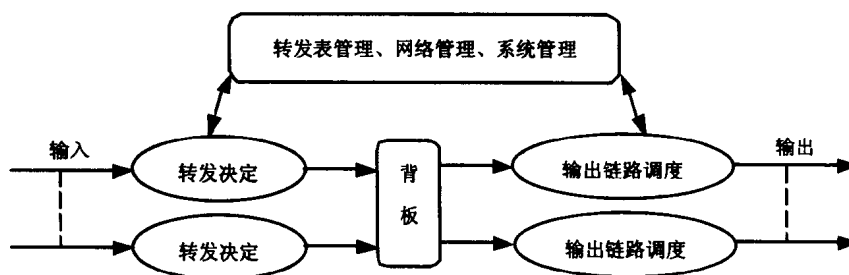


图 1-1 路由器的组成

图 1-1 可以看成两部分，即数据通道功能和控制功能。

数据通道功能表现在输入→转发决定→背板→输出链路调度→输出，这一过程中数据包的操作，依靠特定的硬件来完成。

控制功能是通过软件实现的，包括与相邻路由器之间的信息交换、系统配置、系统管理等。

数据通道功能是体现路由器性能的重要标志，着重表现为以下方面。

- 转发决定：当数据包抵达路由器时，它首先在转发表中查找它的目的地址。若找到目的地址，就在数据包的前部添加下一跳的 MAC 地址，IP 数据包头的 TTL(Time-to-Live)域开始减数，并计算新的校验和(checksum)。
- 背板转发：数据包通过背板转发到它的输出端口。当数据包等待背板转发时，数据包需要排队；若排队空间不足，那么可能需要丢弃该包，或替代别的数据包。
- 输出链路调度：当数据包抵达输出端口时，它需要按顺序等待以便传送到输出链路上。在大多数路由器中，输出端口保持先到先服务队列，按数据包抵达的次序进行传送。更先进的路由器可将数据包分成不同的流量队列和优先级，并精心安排每个数据包的离开时间以便满足服务质量(QoS)要求。

1.1.2 路由器在 OSI/RM 中的位置

路由器是一种典型的网络层设备，它在两个局域网中按帧传输数据。在 OSI/RM(开放系统互连参考模型)中称之为中介系统，完成网络层中继或第 3 层中继的任务。路由器负责在两个局域网的网络层按帧传输数据，转发帧时需要改变帧中的地址。它在 OSI/RM 中的位置如图 1-2 所示。

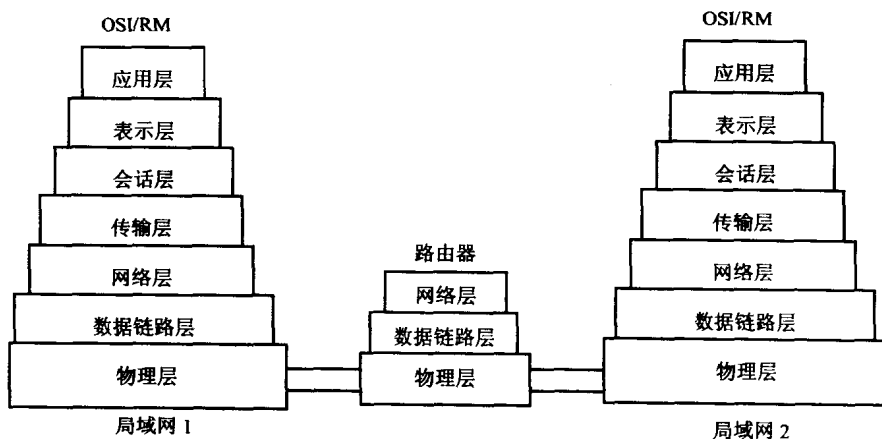


图 1-2 OSI/RM 上的路由器

1.1.3 路由器的作用

路由器用于连接多个逻辑上分开的网络。所谓逻辑网络，就是代表一个单独的网络或者一个子网。当数据从一个子网传输到另一个子网时，可通过路由器来完成。事实上，路由器主要用来连接局域网与广域网。因此，路由器具有判断网络地址和选择路径的功能，它能在多网络互连环境中，建立灵活的连接，可用完全不同的数据分组和介质访问方法连接各种子网。路由器只接受资源站或其他路由器的信息，属网络层的一种互连设备，它不关心各子网使用的硬件设备，但要求运行与网络层协议相一致的软件。路由器



分本地路由器和远程路由器，本地路由器是用来连接网络、传输介质的，如光纤、同轴电缆、双绞线。远程路由器是用来连接远程传输介质的，并要求有相应的设备，如电话线要配调制解调器，无线连接时要通过无线收、发射机。

一般来说，异种网络互连，多个子网互连，都应采用路由器来完成。

路由器的主要工作就是为经过路由器的每个数据帧寻找一条最佳传输路径，并将该数据有效地传送到目的站点。由此可见，选择最佳路径的策略，即路由算法是路由器的关键所在。为了完成这项工作，在路由器中存在着各种传输路径的相关数据——路由表(Routing Table)名字等内容。路径表可以是系统管理员固定设置好的，也可以由系统动态修改，可以由路由器自动调整，也可以由主机控制。

路由器有单一协议路由器和多协议路由器，分别叙述如下。

1. 单一协议路由器

如图 1-3 所示，路由器仅是分组转换器。在图 1-3 中，在端口 1 上进入的分组被 IP 路由软件检查，其信宿地址认为要从端口 3 发出，这就由路由器把它发送到端口 3。

单一协议路由器很常见。如果选择了一台 UNIX 计算机，并安装了两个网络接口，它就能充当一个路由器(其价格较高)。安装了两个或多个网络适配器的文件服务器实际上将路由不同 LAN 段间的 IP 通信。

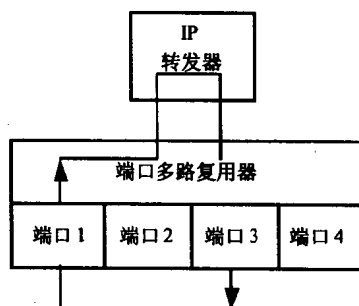


图 1-3 单一协议 IP 路由器

2. 多协议路由器

在 20 世纪 80 年代初期，Proteon 就在联网的几个领域开展工作，其中包括路由器技术。在 1982 年，Proteon 推出了世界上第一个应用在 PDP-11 小型机上的商用多协议路由器，并且以很简单的原理运行，他们实现了一个协议多路转换设备的驱动程序，该驱动程序检测进入分组上的网络层协议的身份，从中找到的数据将会通知协议多路转换器，它允许分组通过相应的协议转发器并可以做进一步处理，如图 1-4 所示。

在图 1-4 中，某些类型的分组将在路由器内部终止。可能做出的动作如下：

- 寻址到路由器内部一个接口的 PING 诊断
- 通过路由器的 Telnet 对话
- 配置文件或操作系统映像的 TFTP 文件传送
- SNMP 管理分组

- 路由协议更新
- RARP 或 BOOTP 请求
- 生成树更新(如果桥接被激活)
- 源路由探测器(源路由有效)

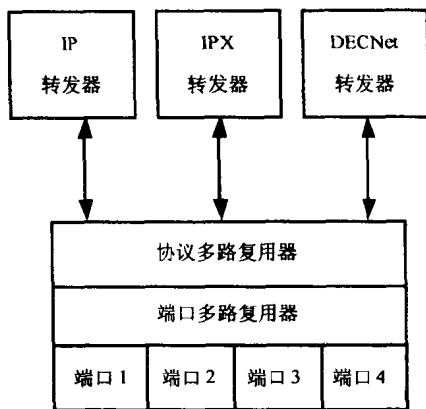


图 1-4 多协议路由器的图示

目前,许多路由器作为混合网桥/路由器运行。在这种情况下,桥接配置的路由器接口将以拼凑方式运行。

对于目前市场上所有的网桥/路由器,工作时以一组简单的规则允许路由器在桥接和路由间做出决定,且一组帧到达一个端口时,路由器将立即检查类型(或 SNAP 类型)域。如果这个域中的数值与一个分配给活动协议转发器的数值匹配,那么,该包将被路由。如果数值不匹配,那么该帧将通过网桥进行转接。

1.2 路由器的一般结构

路由器结构大致表现为中心 CPU 结构、限制负载、非对称结构、辅助 CPU、对称多处理、路由器簇、路由器栈等形式。

1. 中央 CPU 结构

在 20 世纪 80 年代初,从 Proteon 开始的路由器都是基于常规的计算机主机(首先是 PDP-11)的,在 1984 年,Proteon 开始开发一个价格更低的、基于现代技术的专用平台。那时,这个技术以 Multibus-1 为基础,使用基于 Motorola 68000 的单一 CPU,布局如图 1-5 所示。

这个设计的优点是 Proteon 能使用现有产品 CPU、串行卡,甚至以太网卡。经过努力,他们又开发出了自己专用的 ProNET-10 和 ProNET-80 LAN。

其工作过程用下面的一个分组路由描述。一个分组从端口 1 接收,再从端口 3 发出,

执行步骤如下。

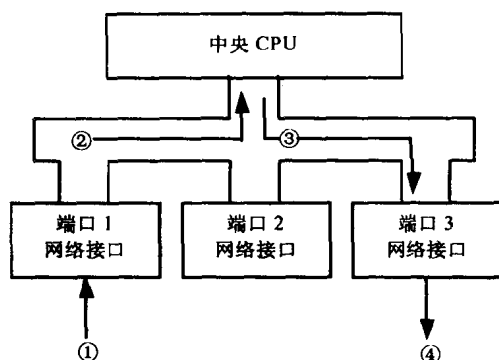


图 1-5 中央 CPU 路由器

步骤 1

显示分组到达接口。该接口包括一个典型的 LAN 芯片组，但是没有其他的与它相关联的智能。要想制定任一种路由决策，分组必须发送到中央 CPU。

步骤 2

通过共享总线，分组被发送到 CPU。因为总线是共享的，所以端口 1 上的接口必须缓存分组，直到总线空间空闲为止。一旦分组到达 CPU，CPU 本身就中断，表明数据分组的到来，随后路由决策在信宿 IP 地址和路由表中登记项的基础上制定出来。在这种情况下，CPU 决定分组必须选择端口 3 作为路由出口。

步骤 3

分组第 2 批通过总线送到端口 3。同样，如果总线阻碍，分组就必须在 CPU 缓存，直到它发送到端口 3 为止。

步骤 4

分组从端口 3 发出。如果这个端口连接到一个常规 LAN 上，那么分组必须被缓存以等待存取控制“容许”。

单 CPU 结构是路由器开发过程中逻辑上的第一步。由于 CPU 和 RAM 的价格很高，因而把资源集中使用并在不同的 LAN 端口间共享它们，这样大大节省了费用。但是，这种结构存在弱点。

首先，路由器的整个性能依赖于中央 CPU 的处理能力。例如，20 世纪 80 年代中期，最初以 68000 为基础的路由器每秒能传输大约 2000 个 IP 分组。如果需要更高的性能，就要提高 CPU 的性能。但是，到 20 世纪 80 年代末期的时候，Proteon 选择了 AMD 29000，它是利用 RISC 技术的第一个路由器公司。不幸的是，当在工作站领域比较以 RISC 为基础的路由器的性能时，他们并没有达到期望的水平。图 1-6 给出了单一 CPU 路由器内的以不同 CPU 为基础的性能曲线。