

“863”通信高技术丛书

“十五”国家重点
图书出版规划项目

高性能路由器

朱培栋 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

“十五”国家重点图书出版规划项目

“863”通信高技术丛书

高性能路由器

朱培栋 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高性能路由器 / 朱培栋编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.12
(“863” 通信高技术丛书)

ISBN 7-115-13775-7

I. 高... II. 朱... 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 (2005) 第 107906 号

内 容 提 要

本书系统介绍高性能路由器的体系结构、设计和实现的关键技术、高性能路由器的应用与组网, 揭示路由器结构演化规律和发展趋势, 深入探讨高性能路由器设计方法和实现的核心技术。本书从系统结构、硬件系统、软件系统和技术体制四个方面论述高性能路由器, 不但涉及高速交换技术、高速接口技术、高性能转发引擎 (路由查找、报文分类、报文调度、拥塞管理等)、路由协议等最新研究成果, 而且有机融合多播、MPLS、IPv6、核心网络安全等新型网络技术。

本书内容新颖, 系统性强, 涉及面广, 对网络技术和路由器感兴趣的读者都能从中获取有价值的信息。初学者可以掌握路由器和计算机网络的基础知识与最新进展, 有基础的读者能够把握实现高性能路由器的技术途径和权衡技巧。本书可供通信、计算机、网络工程技术人员阅读, 也可供高等院校相关专业师生学习参考。

“863” 通信高技术丛书

高性能路由器

-
- ◆ 编 著 朱培栋
责任编辑 陈万寿
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25
字数: 482 千字
印数: 1—3 800 册
 - 2005 年 12 月第 1 版
2005 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13775-7/TN · 2532

定价: 43.00 元

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223

“863” 通信高技术丛书

编 委 会

主 任：叶培大

委 员：(按姓氏笔画顺序排列)

卫 国 王志威 王 京 王柏义

韦乐平 尤肖虎 冯记春 朱近康

邬江兴 邬贺铨 孙 玉 纪越峰

杜肤生 李少谦 李世鹤 李红滨

李武强 李 星 李默芳 杨千里

杨 壮 张 凌 陈俊亮 季仲华

周炯槃 郑南宁 赵梓森 赵慧玲

侯自强 姚 彦 郭云飞 唐 健

曹淑敏 蒋林涛 谢麟振 强小哲

简水生

序

高性能路由器是互联网的核心设备。高性能路由器的研制涉及计算机网络、光通信、微电子和高性能计算机等多项关键技术。从一定意义上讲，高性能路由器的研发和应用水平是一个国家信息技术综合实力和国际竞争力的体现。

高性能路由器产品的研制经历过一次热潮，受整个网络经济的影响，现在正在为广泛部署和新的崛起积聚力量。国内对路由器研发的关注也已经从中低端产品更多地转向高端产品，并在高性能路由器的研制方面取得一些很好的成果，对下一代高度可扩展超高速路由器的研究也在积极开展。现在正是系统总结、全面学习和提高的时机，希望本书的出版能够对国内高性能路由器的研制和应用起到积极的促进作用。

本书系统介绍高性能路由器的体系结构、设计和实现的关键技术、高性能路由器的应用与组网，探讨高性能路由器设计方法和骨干网络构建的前沿技术。作者作为主要成员参与了多项网络设备研制任务，又承担了多个国家级的网络技术研究课题，使作者不但能够深入地阐释路由器的实现技术，又能够以高性能路由器为平台，通过实现示例和对实现问题的探讨，以一种新的方式比较全面地介绍和系统地探讨新兴网络技术。

本书具有较好的系统性。作者着眼于路由器的整体设计，不但强调网络设备的总体结构和子系统之间的关系，还帮助读者把握路由器节点在网络体系结构中的地位与作用。信息技术的发展很快，要对路由器研发所涉及的诸多技术及其最新进展都能准确把握是非常困难的，作者为此做了不少努力。

高性能路由器的设计是富有挑战性的课题，在核心路由协议、高效转发引擎和高可扩展交换结构的设计以及基础协议软件的实现、关键芯片的研制等诸多关键技术的研发上都迫切需要我们自主创新，拥有更多核心技术的自主知识产权。希望本书能够起到抛砖引玉的作用，大家共同努力，争取在高端网络技术的研发上取得整体突破，为提高我国信息技术的核心竞争力做出贡献。

中国工程院院士 卢锡城

前 言

Internet 规模的扩展, 网络流量的激增, 以及新型网络应用的不断出现, 对路由器等网络设备提出新的要求。高性能路由器要具有强大的能力和良好的扩展性, 具有非常高的稳定性、可靠性和安全性, 同时要具备支持多协议、多类型端口、多种安全认证的灵活性。高性能路由器的设计和实现面临着非常多的挑战。

在国家科技部和“863”计划及其他相关部门的支持下, 国防科技大学计算机学院承担了多项网络设备研制任务, 并取得一些重要成果, 例如, “银河玉衡核心路由器”、“新一代互联网高性能路由器”、“IPv6 路由器系统”、“安全路由交换机”和“安全高速路由器”等。

在和国内同行、公司技术人员以及院校师生交流的过程中, 大家希望编写一本高性能路由器方面的参考书, 使学习一般网络技术的读者能够通过了解路由器的实现细节, 从而更加透彻地了解网络技术的精髓, 将对网络知识的理解和运用落到实处; 使从事网络设备研发的读者能够系统学习相关的网络技术, 进一步开阔视野, 从而在工程实践中把握路由器产品和计算机网络技术的概貌及其相互关联。

为了实现上述目标, 本书着重以生动的示例深入浅出地讲解技术原理, 更结合多年研发的实践经验展示其实现精华, 力求“基于网络讲实现, 透过实现看网络”。本书从系统结构、硬件系统、软件系统和技术体制四个方面考察高性能路由器, 共分 13 章。

第 1 章和第 2 章, 路由器基础和高性能路由器概述, 系统刻画路由器体系结构的演化规律和高性能路由器的组成和结构特点。

第 3~5 章, 通过典型示例深入剖析高速交换结构、高速接口和高性能转发引擎设计与实现的关键技术, 重点讨论了典型的高可扩展交换结构以及路由查找、报文分类、排队与调度的高效算法。第 6 章, 网络处理器在高性能路由器中的应用。

第 7 章, 高性能路由器软件系统概述。第 8~12 章, 对高性能路由器中路由协议、多播功能、MPLS、IPv6 和安全功能的技术原理、实现特色和性能优化做了全面阐述。

第 13 章, 高性能路由器的组网、应用和运营管理, 读者将对 Internet 结构的幂律 (Power-Law) 特征和小世界 (Small-World) 特性, ISP 的商业互连关系, 以及 Internet 运行问题有比较明确的认识。

感谢蔡开裕教授对本书写作提出的富有建设性的意见, 他多次认真读书稿, 为本书的完成和完善付出了辛勤的劳动。感谢孙志刚博士提供高速接口和交换开关相关资料以及为本书的编写所做的早期工作, 彭元喜博士提供有关报文分类算法的资料, 王勇军博士和吴纯青教授提供网络处理器方面的资料, 张晓哲和彭伟博士撰写的路由协议方面的技术报告, 北京邮电大学张杰博士提供的 40Gbit/s 接口方面的资料。国防科技大学计算机学院的高性能路由器项目, 不但使作者在开发实践方面积累了较好的经验, 对网络技术的理解走向深入与具象, 而且为本书提供了丰富的写作资源, 特向多年来共同拼搏的同事们表示感谢!

还有不少同志为本书的资料整理和图表编排付出了辛勤的劳动, 或者以读者的身份为书

稿的修订提出有价值的建议，他们是杨明军、刘欣、胡湘江、赵建强、李凯、张明杰、肖秧琳、赵金晶、刘迎国、赵伟杰、喻卫等。

感谢解放军信息工程大学郭云飞教授多年来的关心和对工作的大力支持，感谢国防科技大学卢泽新教授、大唐电信科技产业集团陈山枝教授和信息产业部电信研究院魏亮高工的支持与帮助。

感谢国防科技大学副校长卢锡城院士在百忙之中为本书作序。卢老师不但是计算机网络方向的学术带头人和重大项目的领导者，而且积极鼓励我们总结提高，做好知识的传播工作。

在本书编写过程中，作者作为课题负责人承担了国家自然科学基金网络与信息安全重大研究计划“Internet 域间路由策略关键技术研究”（90204005）课题，国家“863”计划通信技术主题“下一代互联网域间路由安全技术研究”（2003AA121510）和“新一代互联网路由系统基本理论和关键技术研究”（2005AA121570）项目；本书的编写还得到国家自然科学基金重大项目“网络计算环境的体系结构”（90412011）以及国家“973”项目“虚拟计算环境模型和体系结构”（2005CB321801）的支持，使作者能够更好地从网络整体结构和演化规律上把握高性能路由器，并促使进行路由关键技术基础理论的探讨。

本书的编写参考了国内外大量的资料，包括一些网上发表的文章和一些公司公开的技术资料，主要的在参考文献中已经列出。但是由于资料众多，逐一列举又恐拖沓，影响本书的可读性，特向文献的原作者及相关媒体表示感谢。

高性能路由器及其相关技术的发展很快，涉及的技术又非常之多。本书的编写，不但是经验的整理和技术的提升，更重要的是一个向国内外同行学习的机会。我们尽可能采用最新资料，并作了多次校改，但是难免有不准确不完善之处，敬请读者和业内专家不吝赐教。

作 者

目 录

第 1 章 路由器基础	1
1.1 路由器的概念.....	1
1.2 路由器基本结构与功能.....	1
1.3 路由器的分类.....	2
1.4 分组处理流程.....	3
1.5 路由器体系结构的演化.....	4
1.5.1 基于 CPU 转发的总线型路由器.....	4
1.5.2 基于 Cache 转发的总线型路由器.....	4
1.5.3 基于交叉开关的交换型路由器.....	5
1.5.4 高扩展交换网络路由器.....	6
1.6 路由器评价指标.....	7
1.6.1 路由器配置与功能指标.....	7
1.6.2 路由器性能指标.....	11
第 2 章 高性能路由器概述	14
2.1 高性能路由器的兴起与发展.....	14
2.1.1 高性能路由器的基本特征.....	14
2.1.2 网络运营商对路由器的要求.....	15
2.1.3 高性能路由器产品演化历程.....	15
2.1.4 高性能路由器发展的应用需求.....	16
2.1.5 高性能路由器使能技术.....	18
2.2 高性能路由器的组成.....	19
2.2.1 高性能路由器的基本组成.....	19
2.2.2 高性能路由器的结构特点.....	20
2.2.3 高性能路由器软件系统.....	22
2.2.4 高性能路由器信息流模型.....	23
2.3 高性能路由器新型体系结构.....	25
2.3.1 Cisco CRS 结构.....	26
2.3.2 ForCES 结构.....	26
2.3.3 虚拟路由器 (virtual router).....	28
2.4 高性能路由器的扩展性设计.....	30
2.4.1 高性能路由器实现的扩展性.....	30

2.4.2	高性能路由器 QoS 支持的扩展性	33
2.4.3	高性能路由器多播支持的扩展性	35
2.4.4	并行技术的应用	36
2.5	高性能路由器可靠性设计	37
2.5.1	路由器的可靠性要求	37
2.5.2	优雅重启和无中断转发	38
2.5.3	硬件系统的冗余设计	39
2.5.4	软件系统的可靠性	39
2.5.5	在线升级能力	39
2.5.6	对网络可靠性的支持	40
2.6	高性能路由器服务的灵活性	40
2.6.1	服务分离	40
2.6.2	高性能的服务	40
2.6.3	控制平面的调节能力	40
2.6.4	接口的灵活性	41
2.6.5	转发引擎的灵活性	41
2.6.6	服务意识和 QoS 支持	41
2.7	高性能路由器的测试	42
2.7.1	高性能路由器的评估测试	42
2.7.2	测试规范	44
2.7.3	测试内容	44
第 3 章	高速交换技术	46
3.1	基本交换结构	46
3.1.1	基本交换结构	46
3.1.2	共享存储结构	46
3.1.3	Crossbar 交换结构	47
3.2	Crossbar 工作模式与调度算法	48
3.2.1	Crossbar 交换开关的分类	48
3.2.2	Crossbar 交换开关的构造	52
3.2.3	Crossbar 的调度	53
3.2.4	单播调度算法	54
3.2.5	多播调度算法	56
3.2.6	支持服务质量的调度算法	59
3.2.7	交换背板的设计	61
3.3	高可扩展交换结构	61
3.3.1	Crossbar 的局限性	61
3.3.2	多级交换结构	62
3.3.3	动态网络	62

3.3.4	静态网络	67
3.3.5	并行分组交换体系结构	68
3.4	路由器交换结构设计	69
3.4.1	交换结构的实现	69
3.4.2	构造大型路由器交换结构	70
3.4.3	容错与可靠性	70
3.4.4	多播的支持	70
3.4.5	缓冲区管理和 QoS	71
3.4.6	定长和变长报文	71
3.4.7	报文延时控制	71
3.4.8	大容量交换芯片的实现	73
3.4.9	波长交换和 IP 路由的综合	73
第 4 章	高速接口技术	74
4.1	高性能路由器典型的高速接口	74
4.2	高速以太网接口	74
4.2.1	10 吉比特以太网接口	74
4.2.2	10 吉比特以太网的应用	75
4.2.3	高速以太网的可靠性和 RPR 协议	76
4.3	高速 POS 接口	77
4.4	40Gbit/s 接口	79
4.4.1	40Gbit/s 路由器接口技术的发展动力	79
4.4.2	40Gbit/s 关键技术问题	79
4.4.3	40Gbit/s 线路接口解决方案	79
4.5	链路聚合	80
4.6	VSR 接口	81
4.6.1	VSR 接口应用	82
4.6.2	VSR 接口构造	83
4.7	高速接口的测试	83
第 5 章	高性能转发引擎	84
5.1	转发引擎的功能与结构	84
5.1.1	多协议转发功能	84
5.1.2	服务质量控制	85
5.1.3	安全策略控制	87
5.1.4	转发引擎的结构	87
5.2	转发引擎流量管理系统	87
5.2.1	流量管理系统的组成	87
5.2.2	报文分类	89

5.2.3	流量测量	89
5.2.4	流量监管	90
5.2.5	流量整形	91
5.2.6	报文调度	91
5.2.7	缓冲区管理	93
5.3	路由表查找	94
5.3.1	最长前缀匹配	94
5.3.2	IP 路由查找面临的挑战	95
5.3.3	高性能路由器的路由表查找	96
5.3.4	基于键树的算法	96
5.3.5	硬件解决方案	98
5.3.6	PATRICIA 算法示例	98
5.3.7	硬件直接查表算法示例	101
5.3.8	TCAM 算法示例	103
5.4	报文分类	104
5.4.1	报文分类技术	104
5.4.2	报文分类面临的挑战	105
5.4.3	典型的分类算法	106
5.5	排队与调度	111
5.5.1	排队	111
5.5.2	RED 算法	112
5.5.3	报文调度	116
5.5.4	基本调度算法	118
5.6	高速转发引擎的实现	123
5.6.1	转发平台发展阶段	123
5.6.2	高速大容量报文缓冲技术	124
5.7	Cisco 快速转发 (CEF)	125
第 6 章	网络处理器的应用	128
6.1	网络处理器的概念	128
6.2	网络处理器的特色	129
6.2.1	处理速度	129
6.2.2	编程能力	130
6.2.3	多协议和业务扩展的支持	130
6.2.4	可靠性和灵活性	131
6.2.5	推动基于深度报文处理的业务发展	131
6.2.6	易于管理	131
6.2.7	网络处理器的技术优势	131
6.3	网络处理器在高性能路由器中的应用	132

6.3.1	网络处理器的应用	132
6.3.2	网络处理器在高性能路由器中的应用	133
6.4	网络处理器的接口标准	134
6.5	网络处理器的结构与功能	135
6.5.1	基本结构	135
6.5.2	多协议转发功能	136
6.5.3	树搜索引擎	142
6.5.4	线程调度	145
6.5.5	流量控制功能	145
6.5.6	QoS 支持	148
6.6	网络处理器的工作方式	151
6.6.1	多处理器体系结构	151
6.6.2	协处理器	151
6.6.3	多处理方式	151
6.6.4	PE 的配置	152
6.6.5	网络处理器的编程和应用开发	153
6.7	网络处理器发展	154
6.7.1	主要产品	154
6.7.2	典型的网络处理器产品	154
6.7.3	网络处理器产品的评价	155
6.7.4	网络处理器技术的发展趋势	155
第 7 章	高性能路由器软件系统	157
7.1	路由器软件系统结构的演化	157
7.1.1	传统路由器软件结构的局限性	157
7.1.2	高性能路由器软件系统基本结构	158
7.2	高性能路由器软件系统的功能与组成	158
7.2.1	软件组成	158
7.2.2	操作系统	160
7.2.3	路由协议和信令	162
7.2.4	用户界面	162
7.3	Cisco IOS 软件系统	164
7.3.1	IOS 概述	164
7.3.2	IOS 结构	164
7.3.3	IOS XR	165
7.4	高性能路由器软件系统的性能设计	166
7.4.1	路由系统扩展性	166
7.4.2	软件系统性能设计	167
7.5	高性能路由器软件系统的可靠性设计	169

7.5.1	实现软件系统可靠性的基本途径	169
7.5.2	稳定性设计	169
7.5.3	软件系统可靠性结构	170
7.6	软件系统的测试	172
7.6.1	IP 协议栈的测试	172
7.6.2	PPP 协议测试	173
7.6.3	网管功能测试	173
第 8 章	路由协议在高性能路由器中的实现	175
8.1	路由表和路由协议	175
8.1.1	路由模式	175
8.1.2	IP 路由表	176
8.1.3	路由数据库	177
8.1.4	路由的再发布	179
8.1.5	主要路由协议的功能	179
8.2	路由系统的扩展性	180
8.2.1	路由扩展性问题	181
8.2.2	IGP 的扩展性	182
8.2.3	BGP 的扩展性	183
8.2.4	提高路由系统扩展性的若干途径	185
8.2.5	路由策略配置对扩展性的影响	186
8.2.6	路由系统实现的扩展性	186
8.3	路由系统的实现	186
8.3.1	路由系统的功能和实现结构	186
8.3.2	RIP 路由协议实现	187
8.3.3	OSPF 路由协议实现	187
8.3.4	BGP 路由协议实现	188
8.3.5	路由再发布的实现	191
8.3.6	转发表的结构与操作	192
8.3.7	转发表的原子更新	194
8.4	路由策略及其实施	195
8.4.1	策略描述语言	195
8.4.2	BGP 路由策略	195
8.5	路由系统的测试	198
8.5.1	一致性测试	198
8.5.2	性能测试	200
第 9 章	高性能路由器中多播功能的实现	201
9.1	典型多播协议	201

9.1.1	多播技术	201
9.1.2	IGMP 协议	202
9.1.3	PIM 协议	203
9.1.4	域间多播路由协议	209
9.1.5	多播传输协议	214
9.2	多播协议的实现	214
9.2.1	高性能路由器多播系统结构	214
9.2.2	PIM 协议的实现	215
9.3	网络处理器多播转发功能	216
9.3.1	网络处理器多播转发表的结构	216
9.3.2	网络处理器多播转发过程	217
9.3.3	网络处理器多播转发的控制	217
9.4	多播系统的测试	218
9.4.1	PIM 一致性和互操作性测试内容	219
9.4.2	PIM 测试示例	219
9.4.3	多播路由系统的性能测试	220
第 10 章	MPLS 在高性能路由器中的实现	221
10.1	MPLS 原理和技术特色	221
10.1.1	多协议标记交换	221
10.1.2	MPLS 技术特色	222
10.1.3	MPLS 网络	223
10.2	高性能路由器 MPLS 实现结构	224
10.2.1	MPLS 标记交换	224
10.2.2	MPLS 标记绑定	225
10.3	MPLS 主要功能的实现	225
10.3.1	标记交换路由器的数据转发功能	226
10.3.2	MPLS 信令	228
10.3.3	MPLS QoS 支持	229
10.3.4	MPLS 流量工程	229
10.3.5	MPLS VPN	230
10.4	MPLS 的使用和测试	235
10.4.1	配置 MPLS 流量工程隧道	235
10.4.2	MPLS 一致性测试	236
10.4.3	MPLS 能力测试	237
第 11 章	高性能路由器对 IPv6 的支持	239
11.1	IPv6 技术	239
11.1.1	IPv6 技术的发展	239

11.1.2 IPv6 技术特色	240
11.1.3 IPv6 相关标准	241
11.2 高性能路由器 IPv6 实现技术	242
11.2.1 IPv6 的实现	242
11.2.2 协议栈的变化	242
11.2.3 单播路由协议的变化	243
11.2.4 多播协议的变化	245
11.2.5 转发功能实现	247
11.2.6 接口模块设计	250
11.3 IPv6 过渡支持	251
11.3.1 过渡方式	251
11.3.2 IPv6 隧道实现	252
11.4 IPv6 的讨论	252
11.4.1 IPv6 的变化	252
11.4.2 IPv6 的能力分析	253
11.4.3 推进 IPv6 技术的动力	254
11.5 IPv6 网络的运行与测试	254
11.5.1 IPv6 网络的运行状况	254
11.5.2 IPv6 在中国	255
11.5.3 IPv6 测试	256
第 12 章 高性能路由器安全功能的实现	257
12.1 高性能路由器的安全	257
12.1.1 路由器访问控制	257
12.1.2 AAA	257
12.2 网络的安全控制	259
12.2.1 Internet 和 ISP 网络安全	259
12.2.2 ACL 的有效使用	260
12.2.3 使用流量控制机制预防网络攻击	262
12.2.4 uRPF 技术	262
12.3 路由系统的安全	263
12.3.1 路由过滤	263
12.3.2 RIP 路由安全	264
12.3.3 OSPF 路由安全	265
12.3.4 BGP 路由安全	265
12.4 安全功能的高性能实现	267
12.4.1 ACL 的加速实现	267
12.4.2 网络安全处理器	268

第 13 章 高性能路由器组网与应用	270
13.1 Internet 运营机制	270
13.1.1 基本机构	270
13.1.2 地址分配	270
13.1.3 Internet 规范	271
13.2 Internet 结构特征	271
13.2.1 Internet 规模拓展	271
13.2.2 Internet 层次结构	274
13.2.3 网络拓扑的幂律 (Power-Law) 特征	275
13.2.4 网络拓扑的小世界 (Small-World) 特性	279
13.2.5 ISP 商业互连关系	281
13.3 Internet 运行现状	282
13.3.1 路由器的配置问题	282
13.3.2 ISP 运营指南——最佳当前实践 (BCP)	284
13.4 高性能路由器组网	284
13.4.1 层次结构	285
13.4.2 城域网的组建	287
13.4.3 组网结构的变化	288
13.5 流量工程	289
13.5.1 流量工程概述	289
13.5.2 传统流量工程方法	291
13.5.3 BGP 流量工程	292
13.5.4 MPLS 流量工程	293
13.6 高性能路由器与高速网络的管理	294
13.6.1 主要管理功能	294
13.6.2 带宽代理系统	295
13.6.3 综合业务管理	295
13.6.4 策略化管理	295
13.7 高品质网络的构建	296
13.7.1 高品质网络	296
13.7.2 服务质量	296
13.7.3 安全性	297
13.7.4 可靠性	297
附录 A 缩略语	300
附录 B 主要参考文献	304

第 1 章 路由器基础

本章介绍路由器的基本知识，以使读者明确路由器的基本功能和组成结构，并对路由器体系结构的演化以及评价指标有所了解。

1.1 路由器的概念

路由（routing）是选择路径并将报文沿着选择的路径进行转发的过程。路由包括两个方面的行为：决定最佳路由和转发报文。路由器（router）是第三层的网络互连设备，用于连接两个或多个相似或不同类型的网络。路由器必须具备的基本条件是：①两个或两个以上的接口；②协议至少实现到网络层；③支持两种以上的子网协议；④具有存储、转发、寻径功能；⑤一组路由协议。

路由器的主要特点有：①路由功能，包括报文的路径决策、负载平衡和多媒体传输（多播）等；②智能化网络服务，包括 QoS、访问列表（防火墙）、验证、授权、计费、链路备份、调试和管理等。

典型的路由器产品，例如 Cisco 路由器和 Juniper 路由器等。

1.2 路由器基本结构与功能

典型路由器的基本结构包括控制卡（带 CPU）、背板、接口卡，如图 1-1（a）。CPU 进行路由计算，维护路由表，传递路由信息。接口卡进行报文输入/输出转发处理，可能有路由表 Cache 和复杂的处理能力。背板负责在路由器的板卡之间转发报文。路由器的基本功能可以定义为：路由处理，分组转发和路由器专用服务。路由处理和分组转发，如图 1-1（b），是核心功能。

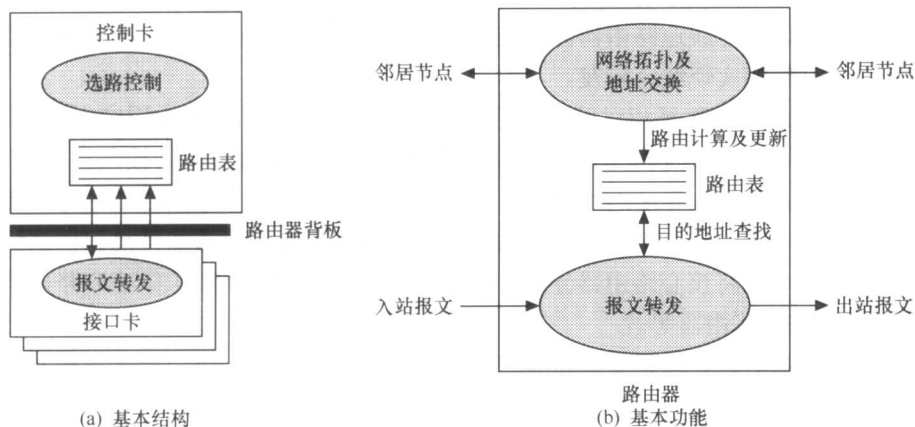


图 1-1 路由器基本结构与基本功能