

考试用书

Cisco CCNP/CCIP

网络工程师

Building Scalable Cisco Internetworks(640-901)

蔡建新 编著

- 完备的考试内容介绍
- 详实的模拟试题及解答
- 通过CCNP/CCIP考试的可靠保证



清华大学出版社

Cisco CCNP / CCIP 网络工程师

蔡建新 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是准备应对 CCNP 640-901 BSCI(Building Scalable Cisco Internetworks)考试的复习指南。全书共 10 章,内容涵盖了可扩展的网络架构、高级 IP 管理、路由协议、开放式最短路径优先协议(OSPF)、增强内部网关路由选择协议(EIGRP)、中继系统间的通信协议(IS-IS)、边界网关协议(BGP)、路径与流量管理、Cisco 路由器实验以及模拟考题。

本书可供准备参加 CCNP 和 CCIP 认证考试的读者阅读,也可供计算机网络的老师、网络从业人员、计算机网络工程科目的学生和网络工程知识自学者使用。

本书繁体字版书名为《Cisco CCNP 网络专业工程师(一)》,由文魁资讯股份有限公司出版,版权属蔡建新所有。本书简体字中文版由文魁资讯股份有限公司授权清华大学出版社独家出版。未经本书原版出版者和本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或任何手段复制或传播本书的部分或全部内容。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2003-8766

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

Cisco CCNP/CCIP 网络工程师/蔡建新编著. —北京:清华大学出版社, 2004

ISBN 7-302-08406-8

I.C… II.蔡… III.计算机网络—工程技术人员—资格考核—自学参考资料 IV.TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026883 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

责任编辑:冯 涛 张 莉

封面设计:陈刘源

印 刷 者:北京牛山世兴印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:26.25 字数:620 千字

版 次:2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-08406-8/TP·6045

印 数:1~4000

定 价:38.00 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

CCNP 的含义

CCNP 是 Cisco 认证网络专家(Cisco Certified Network Professional)的英文缩写。要获得 CCNP 认证证书,需通过下列考试:

- 640-607 CCNA
- 640-901 BSCI
- 640-604 Switching (BCMSN)
- 640-605 Remote Access (BCRAN)
- 640-606 Support (CIT)

上述的英文缩写是考试科目名称,分别是:

- CCNA Cisco Certified Network Associate
- BSCI Building Scalable Cisco Internetworks
- BCMSN Building Cisco Multilayer Switch Networks
- BCRAN Building Cisco Remote Access Networks
- CIT Cisco Internetworking Troubleshooting

CCIP 的含义

CCIP 是 Cisco 认证互联网络专家(Cisco Certified Internetwork Professional)的英文缩写。要获得 CCIP 认证,需通过下列考试:

- 640-901 BSCI
- 640-905 MCAST+QOS
Implementing Cisco Multicast (MCAST)
Implementing Cisco QOS (QOS)

本书的内容

本书主要是针对应考 640-901 BSCI 所需准备的内容。本书以浅易的文字叙述,附以图片和表格说明,并参考美国的相关资料精心编写而成。

读者对象

本书可为下列人员提供帮助:

- 准备应考 Cisco CCNP 网络专业工程师认证的人
- 准备应考 Cisco CCIP 网络专业工程师认证的人
- 讲授计算机网络的老师
- 应聘网络工作的求职者
- 准备面试题目的主考官
- 攻读计算机网络工程课目的学生
- 网络工程知识的自学者

学习本书需要的时间

准备应考 Cisco 640-901:Building Scalable Cisco Internetworks 的读者应该仔细研读每一个章节、附图和表格。估计要花 6 周的时间来学习本书准备考试,包括阅读与上机操作。

本书的内容组成

CCNP Building Scalable Cisco Internetworks 的考试大纲如下(附录 C 中有更详细的介绍):

Routing Principles

- List the key information routers need to route data
- Describe classful and classless routing protocols
- Compare distance vector and link-state protocol operation
- Describe the use of the fields in a routing table
- Analyze a routing table, and test connectivity using accepted troubleshooting techniques

Extending IP Addresses

- Use VLSMs to extend the use of the IP addresses
- Explain if route summarization is or is not possible for a specific addressing scheme
- Configure an IP helper address to manage broadcasts

Configuring OSPF in a Single Area

- Explain why OSPF is better than RIP in a large internetwork
- Explain how OSPF discovers, chooses, and maintains routes
- Explain how OSPF operates in an single area NBMA environment

- Configure OSPF for proper operation in a single area
- Verify OSPF operation in a single area

Interconnecting Multiple OSPF Areas

- Interconnecting Multiple OSPF Areas
- Describe the issues with interconnecting multiple areas and how OSPF addresses each
- Explain the differences between the possible types of areas, routers, and LSAs
- Explain how OSPF supports the use of VLSM
- Explain how OSPF supports the use of route summarization in multiple areas
- Explain how OSPF operates in a multiple area NBMA environment
- Configure a multiarea OSPF network
- Verify OSPF operation in multiple areas

Configuring EIGRP

- Describe Enhanced IGRP features and operation
- Explain how EIGRP discovers, chooses, and maintains routes
- Explain how EIGRP supports the use of VLSM
- Explain how EIGRP operates in an NBMA environment
- Explain how EIGRP supports the use of route summarization
- Describe how EIGRP supports large networks
- Configure Enhanced IGRP
- Verify Enhanced IGRP operation

Configuring IS-IS Protocol

- Explain basic OSI terminology and network layer protocols used in OSI
- Identify similarities and differences between Integrated IS-IS and OSPF
- Identify characteristics of an effective addressing plan for IS-IS deployment
- Explain how networks and interfaces are represented in IS-IS
- List the types of IS-IS routers and their role in IS-IS area design
- Describe the hierarchical structure of IS-IS areas
- Describe the concept of establishing adjacencies
- Describe the concepts of routing traffic transport and database synchronization
- Explain the basic principles of area routing
- Explain IS-IS NBMA (non-broadcast multi-access network) modeling solutions in switched WAN networks
- Given an addressing scheme and other laboratory parameters, identify the steps to configure Cisco routers for proper Integrated IS-IS operation
- Identify verification methods which ensure proper operation of Integrated IS-IS on Cisco routers

Configuring Basic Border Gateway Protocol

- Describe BGP features and operation
- Describe how to connect to another autonomous system using an alternative to BGP,

static routes

- Explain how BGP policy-based routing functions within an autonomous system
- Explain how BGP peering functions
- Describe BGP communities and peer groups
- Describe and configure external and internal BGP
- Describe BGP synchronization
- Configure a BGP environment and verify proper operation

Implementing BGP in Scalable Networks

- Describe the scalability problems associated with internal BGP
- Explain and configure BGP route reflectors
- Describe and configure policy control in BGP using prefix lists
- Describe methods to connect to multiple ISPs using BGP
- Explain the use of redistribution between BGP and Interior Gateway Protocols (IGPs)
- Configure a multihomed BGP environment and verify proper operation

Optimizing Routing Update Operation

- Select and configure the different ways to control routing update traffic
- Configure route redistribution in a network that does not have redundant paths between dissimilar routing processes
- Configure route redistribution in a network that has redundant paths between dissimilar routing processes
- Resolve path selection problems that result in a redistributed network
- Verify route redistribution
- Configure policy-based routing using route maps
- Configure redistribution between different routing domains and verify proper operation
- Configure policy-based routing and verify proper operation

本书根据上述大纲编排如下:

第1章 可扩展的网络架构

第2章 高级 IP 管理

第3章 路由协议

第4章 开放式最短路径优先协议(OSPF)

第5章 增强内部网关路由选择协议(EIGRP)

第6章 中继系统间的通信协议(IS-IS)

第7章 边界网关协议(BGP)

第8章 路径与流量管理

第9章 Cisco 路由器实验

第10章 模拟考题

附录 A 习题解答

附录 B 计算机的网络设置

附录 C CCNP 考试范围

附录 D 应聘网络工程师常考的问题

阅读本书的注意事项

在阅读本书的时候，应先看每章最前面的引言，以便能用最短的时间获得整章的概要。另外，在重要的地方，特别用粗体字印刷，请读者特别留意。

目 录

第 1 章 可扩展的网络架构.....1	3.3 路径权值计算..... 52
1.1 可扩展的网络1	3.4 小结 53
1.2 三层式模型2	3.5 练习 55
1.3 路由器在每一层的作用.....3	第 4 章 开放式最短路径
1.4 可扩展型网络的主要特点.....4	优先协议 (OSPF) 56
1.4.1 可靠的网络4	4.1 OSPF 与 RIP 56
1.4.2 敏捷的网络6	4.2 OSPF 概述 57
1.4.3 高效的网络8	4.2.1 术语 57
1.4.4 混合网络10	4.2.2 包格式 58
1.4.5 安全的网络10	4.3 实现 OSPF 59
1.5 小结11	4.3.1 建立与邻近路由器的联系..... 59
1.6 练习11	4.3.2 选择指定路由器与 备份路由器 61
第 2 章 高级 IP 管理.....12	4.3.3 寻找路径 62
2.1 分级地址12	4.3.4 选择路径 63
2.2 无类域间路由选择.....15	4.3.5 维护路由信息..... 64
2.3 IPv6.....16	4.4 单一区域内配置 OSPF 路由协议..... 64
2.4 可变量度子网掩码.....18	4.5 非广播多址网络上的 OSPF 66
2.5 路由汇总21	4.5.1 点对点子接口..... 67
2.5.1 Cisco 路由器上的路由 汇总操作24	4.5.2 点对多点模式..... 69
2.5.2 默认管理距离24	4.5.3 广播接口 72
2.5.3 不连续网络的路由汇总.....25	4.6 创建多个 OSPF 区域 73
2.6 使用 IP Unnumbered26	4.6.1 路由器的种类..... 74
2.7 网络地址转换36	4.6.2 区域的种类 74
2.8 动态主机配置协议.....38	4.6.3 链路状态通告的种类..... 75
2.9 帮助地址40	4.6.4 转送包 76
2.10 小结43	4.6.5 流通告 76
2.11 练习44	4.6.6 更新路由选择表..... 77
第 3 章 路由协议46	4.7 跨多个区域配置 OSPF 操作 77
3.1 路由选择类型46	4.7.1 设置区域边界路由器..... 77
3.1.1 静态路径47	4.7.2 使用总结路径..... 78
3.1.2 动态路径47	4.7.3 定义短截区域..... 78
3.2 收敛50	4.7.4 使用虚拟链路..... 79
	4.7.5 建立部分短截区域..... 81

4.8 验证 OSPF 指令.....	83	6.7 小结	123
4.9 小结	83	6.8 练习	125
4.10 练习	85	第 7 章 边界网关协议(BGP)	126
第 5 章 增强内部网关路由 选择协议(EIGRP)	86	7.1 自主系统.....	126
5.1 EIGRP 的概念	86	7.1.1 存根自主系统.....	127
5.1.1 术语	87	7.1.2 多向自主系统.....	128
5.1.2 计算路径权值	88	7.2 边界网关协议.....	129
5.2 EIGRP 技术	90	7.2.1 BGP 基本运作.....	129
5.2.1 寻找与重获邻近路由器.....	90	7.2.2 BGP 包格式.....	130
5.2.2 可靠的传输协议	90	7.3 BGP 邻近关系.....	133
5.2.3 DUAL 算法	91	7.3.1 BGP 路径属性.....	135
5.2.4 个别协议模块	91	7.3.2 IBGP 与 EBGP	136
5.2.5 EIGRP 窗体.....	92	7.3.3 IBGP 与 EBGP 同步	137
5.2.6 路由标签	94	7.4 配置基本 BGP	138
5.2.7 包种类	94	7.5 检查 BGP 配置	144
5.3 EIGRP 操作	96	7.6 路由选择过程.....	148
5.3.1 建立邻近路由器列表	96	7.6.1 BGP 决定路径过程 的模型	148
5.3.2 建立路径	96	7.6.2 BGP 定义策略的方法.....	150
5.3.3 选择路径	97	7.6.3 支持 CIDR 的方法	151
5.3.4 维护路径	98	7.6.4 使用专用自主系统号码.....	153
5.4 配置 EIGRP	99	7.7 BGP 属性.....	154
5.5 检查 EIGRP 的配置	102	7.7.1 AS_path 路径属性参数.....	154
5.6 小结	103	7.7.2 Origin 路径属性参数	156
5.7 练习	105	7.7.3 NEXT_HOP 路径 属性参数	156
第 6 章 中继系统间的通信 协议(IS-IS)	106	7.7.4 Weight 路径属性参数.....	158
6.1 IS-IS 介绍	106	7.7.5 Local Preference 路径 属性参数	158
6.2 IS-IS 区域和路由分层	107	7.7.6 MED 路径属性参数.....	160
6.3 IS-IS 包	109	7.7.7 Community 路径属性参数.....	160
6.4 建立临近关系	112	7.7.8 BGP 决定路径的因素.....	161
6.4.1 ES-IS 邻近关系.....	112	7.8 路径反射器.....	162
6.4.2 IS-IS 邻近关系.....	113	7.9 路由过滤.....	163
6.4.3 Hello 包间隔与保持计时.....	116	7.10 前缀列表.....	164
6.4.4 LAN 邻近关系	116	7.11 对等组.....	166
6.4.5 组态范例	118	7.12 负载均衡.....	167
6.5 IS-IS 指令	119	7.13 用 IGP 配置 BGP.....	169
6.6 配置 IS-IS.....	120		

7.14 小结	171	8.6 访问控制列表	197
7.15 练习	174	8.7 小结	198
第 8 章 路径与流量管理	176	8.8 练习	200
8.1 控制路由更新流量	176	第 9 章 Cisco 路由器实验	201
8.2 默认路径	178	9.1 OSPF	201
8.2.1 使用 null0 接口	182	9.2 EIGRP	207
8.2.2 默认路径 0.0.0.0 与 RIP 路由协定	182	9.3 BGP	211
8.2.3 默认路径与 Null 接口 运用实例	185	9.4 设计实例	215
8.2.4 默认路径与浮动静态 路径运用实例	189	第 10 章 模拟考题	268
8.3 默认网关循环	191	附录 A 习题解答	370
8.4 策略路径	192	附录 B 计算机的网络设置	392
8.5 使用多种路由协议	194	附录 C CCNP 考试范围	395
		附录 D 应聘网络工程师常考的问题	402

第 1 章 可扩展的网络架构

可扩展的网络架构(Scalable inter-networks)一般是指具有伸缩性和扩展性，即使网络持续增长，也不需要对其进行重大修改的网络架构。本章将会介绍在构建可扩展的网络架构时如何应用层级式的设计原则。层级式的设计一般是指核心层、分布层和访问层。您还将学会在提供各层次网络群体的交互时路由器所扮演的关键角色。例如，在主干网络上，路由器经常是不可或缺的设备。此外，本章也将介绍在构建一个安全可靠、反应敏捷、适应性良好的网络架构时所应注意的事情。章后附有小结。

1.1 可扩展的网络

即使一开始只有两个路由器连成一个网络系统，也要预先规划适应日后可能的扩展，也就是说，网络架构应该具有可扩展的特性。在设计可扩展的网络架构时，使用层级式的模型可以得到最好的效果，也最便于管理。使用层级式的模型可以将一个大型网络分解成许多小网络，每一个小的网络都可以单独处理，这样比较容易解决问题。

要理解层级的重要性，可以考虑一下 OSI 网络的 7 层参考模型。分层的模型便于理解网络通信原理和应用，也简化了电脑间的通信操作。层级式模型的网络架构同 OSI 网络的 7 层参考模型一样，每一层具有特定的功能。在构建网络系统时，可以根据各层的特性加以区别，选用合适的设备，以符合功能需求，同时也简化了互连网络之间的复杂性。因此，层级式的模型简化了互连网络的管理，并且能够控制网络扩展的必要条件，而不会有所遗漏。

模块化是层级式模型的另一个好处。因为互连网络一旦有变化，使用模块设计的概念就可以轻易地调整。例如，使用模块设计所产生的网络元件，可以在网络扩展时，根据需求加以更换。模块化的设计可以降低网络升级的成本与复杂度；相对来说，一个平面式的网络架构或网状的网络架构需要变动时，往往会涉及到大量的系统改变。

模块化设计的另一个好处是，在处理故障时可以将发生故障的模块独立出来，形成比较容易处理的单元，再进一步找出问题所在。

层级式的模型常被误认为必须具备清楚划分的核心层、分布层和访问层，其实不一定这样。

分层的主要目的是用来帮助设计网络以及突出网络必须具备的功能。在举例说明各层的时候，可以用路由器或交换机、媒介实体来表达，可以合并到单一装置，也可以根本就省略某些层。需要哪层来代表某一网络，取决于设计网络时的需求，并非所有的网络都需要三层结构。要注意的是，网络必须是层级式的架构以确保网络最优的工作状态。

1.2 三层式模型

一般而言，一个典型的三层式层级模型具备核心层、分布层和访问层，如图 1.1 所示。

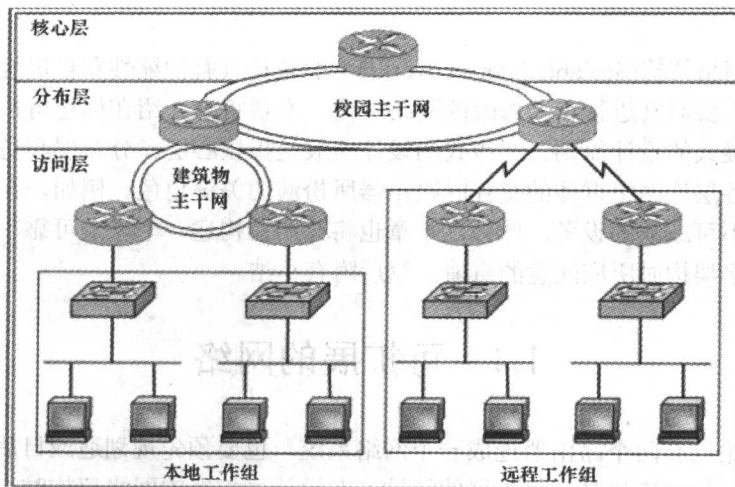


图 1.1 三层式层级模型

1. 核心层(Core layer)

核心层只有一个目标：交换包。核心层具有下面两个基本原则：

- 在核心层不做任何通信控制，例如网络访问控制不应设在本层。
- 核心层上的每一个设备都应该能够知道到达目标网络的路径。

核心层是整个组织的中心网络，可能包含区域网络与广域网的主干，主要的功能是提供一个最优化而且可靠的传输结构，以便快速传送通信数据。核心层的主要工作是交换包，在设计网络架构时，应让核心层尽快地交换包，而不要把精力浪费在控制包上(比如访问控制与过滤等)，使主要的传送包工作变慢。

2. 分布层(Distribution layer)

分布层是访问层与核心层的连接处，目标是定义各层的界限以及负责管理个别的包流动。分布层的主要任务是提供连接到互联网络中不同的部分，以及提供到不同服务处的访问功能。校园网络的骨干是典型的分布层。在校园环境中，分布层包含如下的功能：

- 提供区域、地址或流量的集散处。
- 提供各单位(学系、所、中心)或工作组对网络的访问服务。
- 定义广播与群播的领域。
- 提供虚拟局域网(VLAN)路径。
- 提供任何网络媒体的中介点。
- 提供安全服务。

在校园环境中，分布层可作为静态路径与动态路径的分界点，或是作为各路径的再分配处，也可以作为远端工作组接入校园网络的连接点。总的来说，分布层是实施管理基于

策略的连接(Policy-based Connectivity)的层级。

3. 访问层(Access Layer)

访问层将通信流量送入网络、执行初级管理控制以及提供其他周边服务。简单地说,访问层为工作组提供组织内的各种资源,并且可以管理网络流量与过滤用户,以符合特定用户群的需求。在一般校园网络中,访问层的功能包括:

- 共享带宽 (Shared Bandwidth)
- 交换带宽 (Switched Bandwidth)
- 媒体访问控制层过滤 (MAC Layer Filtering)
- 微分段^① (Microsegmentation)

在非校园网络的环境,访问层可以通过广域网络技术,如帧中继、综合业务网(ISDN)、不对称数字用户线路(ADSL)或专线来保证远程工作站使用公司的网络。

了解了各层在层级式设计模型中所扮演的角色之后,在设计可扩展的网络架构时,应该注意下面的基本原则:

- 当网络拓扑改变时,受影响的区域应该越小越好。
- 路由器和其他的网络设备应尽量减少所需要携带的信息。

上面两项原则可以通过总结路径^②来实现。这项工作通常在分布层实施。举个例子说,一个失效的访问层链接不应该影响到核心层的路径表;而一个失效的核心层链接对访问层路由器路径表所造成的冲击,也应该降到最低。

在层级式的网络中,通信流量从低层的访问层向高层的核心层聚集,由高层的核心层向低层的访问层分散。这不但意味着访问层路由器属于较小的网络设备,同时也暗示访问层路由器必须用较短的时间交换包,以保证它们有余力来实施网络控制管理的策略。

1.3 路由器在每一层的作用

使用层级式的架构,可以简化管理工作,例如寻址和设备的管理。在网络扩展时,不用重新配置网络地址和大部分的设备,只需增加使用个别工作站地址与部分设施即可。在构建层级式架构的时候,位于同一层的路由器应该执行类似的任务。每一层路由器的功能如下所述:

- **核心层路由器**的主要功能是对所有接入的路径提供最优化服务。这些路径通往不同的工作站和逻辑群组。所谓最优化服务是指提供好用与可靠的网络。为了提高可靠性,核心层网络需要备用路径,使网络可以承受个别的电路中断而保持继续工作。一个具有容错能力的网络设计可以确保局部的失效不会给整个网络架构带来太大的冲击。选择核心层路由器的首要考虑是可靠性。这是因为,它们涉及到互联网络上所有路由器的信息,假如其中一个核心层路由器失效,可以想象,这将比访问层路由器失效所影响的范围大得多。

^①微分段是指通过交换器,连接到交换器连接端口的各个分段。

^②请参阅本书第4、5、6、7、8章。

- **分布层路由器**控制使用位于核心层的网络资源，必须有效利用带宽，确保服务质量。分布层路由器通过流量控制隔离骨干网络与区域网络的流量，区分服务优先次序来确保最优性能，供给分秒必争的应用程序使用。选择分布层路由器应该主要考虑能够选择到不同位置的最优路径，以便能够很好地利用带宽。
- **访问层路由器**将广播和请求服务的流量区域化，使它们局限在访问层的媒体上，由此控制通信流量。访问层路由器也必须在不牺牲网络稳健性的前提下，提供各种连接网络的服务。例如，在访问点的路由器要能够利用最少的验证步骤，就可以侦测连接网络的用户是否合法。选择访问层路由器要考虑经济性和有效性，使其能过滤不必要的流量，保证服务端与客户端的通信简单流畅。

表 1.1 列出了 Cisco 路由器适用于各层级的范例。

表 1.1 Cisco 路由器适用范例

层 级	适用的 Cisco 路由器
核心层	7000 和 12000 系列
分布层	3000 和 4000 系列
访问层	1700 和 2600 系列

1.4 可扩展型网络的主要特点

可扩展的网络架构主要特点包括以下几项：

- **可靠** 一天 24 小时每周 7 天随时可用，失效的网络要能够被隔离出来，并且失效网络恢复运转时，不会被终端用户察觉。
- **反应敏捷** 能够迅速适应各种通信协议的需求，在不影响带宽的前提下，确保服务质量。例如，不会因为某些通信协议的延迟，而耽误别的服务。
- **有效率** 大型的互联网络要能够把各种资源的运用最优化，特别是带宽管理。减少各类经常性占用带宽的活动，例如减少不必要的广播和路由更新信息，可以增加可用的带宽。
- **适应性强** 能够调节适应不同类型的网络，接入独立的主机群集(Cluster)，并且可以整合并兼容新旧技术。
- **安全** 通过专线、拨号和交换服务连接到互联的网络，而且能够保持网络的稳健性。

1.4.1 可靠的网络

不管是三层式层级模型中的哪一层网络，都应该是可靠的，这点对于核心层网络尤其重要。我们在前面提过的，核心层路由器掌握有整个互联网络上所有路由器的信息，假如核心层网络瘫痪，后果将不堪设想。

可靠的核心层路由器可以通过选择新的路径以及对于网络拓扑改变的迅速反应，来适应偶发的部分网段失效的情形。重新调整路由信息所耽误的时间应该很短，用户不致察觉

网络不通。Cisco IOS 所支持的加强可靠度和随时可用性的协议包括：具可扩充性的路由协议、路由通道和拨号备份路径。

1. 具可扩充性的路由协议

包括开放式最短路径优先(Open Shortest Path First, OSPF)、NetWare 链路服务协议(NetWare Link Services Protocol, NLSP)以及增强内部网关路由选择协议(Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, EIGRP)。这些协议提供下列各种功能：

- **可以通达各网络** 不像有些距离向量的路由协议，为了防止产生路由回路而有最大跳数的限定，OSPF、NLSP、EIGRP 这些协议使用可以扩增可通达网络数的路由权值，使得网络具有可扩充性，可以通达很多的网络和子网络。具体的做法与工作原理详见第2章。
- **快速的收敛时间** 收敛时间指的是当路由信息有变动时，将新的信息传遍整个互联网络所需的时间，当然越短越好。因为路由器能很快地发现失效的网段，而且每个路由器都备有一份网络拓扑的地图，具有可扩充性的路由协议可以快速收敛。
- **阻塞控制** 与吞吐量(Throughput)无关的带宽称为开销(Overhead)。例如路由器在互相传递路由信息时所要占用的带宽就是一种开销。具有可扩充性的路由协议通过路由汇总信息，在传递更新路由选择表信息的时候，大大地降低所需占用的开销带宽，从而减少网络阻塞的几率。

2. 替代路径

许多互联网络的骨干承担着完成企业主要任务的使命，通常企业会不计成本保护这种网络的稳健。在骨干网络上的路由器必须是稳定可靠的，不会成为整个网络中较弱的一环。要维持网络的稳健，关键在于为骨干网络提供替代路径，以备不时之需。

但是光靠提供替代路径给骨干网络并不能确保整个互联网络的端对端(End to End)连接是稳定可靠的。例如，某区段网络中断时，该区段的信息便无法送到骨干网络上。要使得端对端的连接稳定可靠，解决方法便是在整个互联网络中添加备用路径。但是，备用路径会增加成本，所以多数的企业只在重要的区段加设它。

何谓稳定可靠的网络？不同的定义有不同的解释，就算是每个重要的网络设备、服务器和路由器的组件都架设两套。除了购置成本与电路负担增加以外，更重要的是，这样做并不能有效地解决问题。因为骨干网络上两个节点间的连接出问题，这些备用的设备就无法发挥作用。因此，使骨干网络稳定可靠的重点在于必须架设备用连接路径。不过，只将所有的网络连接都架设两份也是不够的，除非所有骨干网络上的路由器都具备容错的能力，不然的话，这些骨干网络上的路由器便成为网络中断的主要原因。

上述讨论的结论是，完全复制一个路由器并不是最有效的解决方法，因为成本太高，并且无法控制连路中断的问题。要如何做才能使骨干网络稳定可靠呢？路由器扮演着关键的角色。路由器上使用 OSPF、NLSP、EIGRP 这些协议，维护一张完整网络架构的地图，当发现某一段产生错误时，路由器可以重新选择新的路径来转送包。并且 EIGRP 随时备有一份替代路径，以便原先较优路径中断时，能够替代使用。

3. 负载均衡

负载均衡是在一个具有多路连接的网络上增加带宽的最简单的方法。路由器通常都具备内置的负载均衡功能，可以有多条路径通往相同的目的地，每条路径的优先次序不一定要相同。在 IP 的架构下，路由器以包种类为基础，或以包目的地为基础，提供负载均衡。

在以目的地为基础的负载均衡工作时，路由器使用路由高速缓冲存储器来决定输出的接口。当以 IGRP 或 EIGRP 为路由协议时，路由器会用路由权值来决定路径，允许不等权重的负载均衡；用户也可以手动改变权值，调整负载均衡。

由于具可扩展性的路由协议拥有一张整个网络架构的地图，也由于这类协议维护路由选择表的方式，使它们可以同时通过不同的路径传送包到相同的目的地。

4. 路由信道

由软件所建立的路由信道提供穿越广域网络到另一个本来无法直接到达的网络的通信。举例来说，在北京的总公司和在上海的分公司都使用微软的网络系统，如果要把上海分公司的计算机加入北京总公司的网域，这本来是不可能的，因为中间所经过的广域网络系统是由 TCP/IP 所架构的 Internet 系统。除非自己拉一条专线连接，或向网络服务提供商租用一条专线，中间不经 Internet 系统。但是这种做法太昂贵了，而路由信道则提供了更好的解决办法。

路由信道允许在两个不连接的网络之间工作的通信协议，穿越第 3 网络系统，建立点对点的连接，而不要求中间穿越的第 3 网络系统与两端的系统必须兼容。例如，连接两个 IPX 的系统，中间穿越 IP 的网络，通过软件设置于两端的网关，中间便可以像挖隧道一般地穿越，而不必把中间每一转运站都设为能识别 IPX 包。换句话说，不论是 Netware 或微软的网络系统，都可以通过路由信道的方法，将原来的包或帧包在 IP 包里面当作 IP 包的数据，通过 TCP/IP 网络传送到终端网络，再取出原来的包用于自己的网络上。

路由信道提供了通过虚拟接口(Virtual Interface)将包封装入可被传送协议的作业方式。这种做法不仅将原本无法通过第三者连接的网络接起来，而且可以避免中间的各转运站为了识别不同种类的包而启用不同的通信协议，以致增加额外负担。

5. 连接备份路径

在连接广域网络时，为了如下的目的，需要备份路径：

- 通过设置一条或多条备份路径，使得网络连接更可靠。
- 当主要网络阻塞时，备份路径增加了可供利用的选项。

利用连接网络作为备份路径跟固接式的负载均衡或分散路径的做法有所不同，当主要网络中断或阻塞时，才连接备份路径，需要路由器启用自动连接与自动重选路径、赋予接口新地址的功能。这部分的内容为 640-605 Remote Access (BCRAN)的考试范围，将在其他书中介绍。

1.4.2 敏捷的网络

网络的扩展所带来流量的增加，难免造成通信延迟。但是，可扩展的网络应该具备消除阻塞的能力，使终端用户不致察觉任何延迟。在笔者以前所任职的大学里，近几年来，