

Cisco 专业技术丛书

Cisco 网络高级 IP 路由技术

(美) Terry Slattery 著
William Burton
苏金树 等译



机械工业出版社
China Machine Press

本书是IP网络运行的实用指南,内容包括如何操作TCP/IP和如何配置Cisco路由器。从基本配置、静态路由、有类路由、无类路由、内部路由和外部路由到各种因特网连接选项等方面,融会贯通整个IP协议及路由。每章都含有Cisco路由器的配置实例。

本书既可以作为参考书,也可以通章阅读以深入理解Cisco路由器是如何工作的,使读者能够有更充分的准备,以便承担运行大型复杂的IP网络任务,或挑战Cisco认证互联网(CCIE)程序考试。

Terry Slattery and William Burton: Advanced IP Routing in Cisco Networks.

Authorized translation from the English language edition published by McGraw-Hill Companies, Inc.

Copyright 1999 by McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版。未经出版者书面许可,本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有,翻印必究。

本书版权登记号:图字:01-98-2516

图书在版编目(CIP)数据

Cisco网络高级IP路由技术/(美)斯来特里(Slattery, T.),(美)伯顿(Burton, W.)著;苏金树等译. - 北京:机械工业出版社, 1999.6

(Cisco专业技术丛书)

书名原文: Advanced IP Routing in Cisco Networks

ISBN 7-111-07201-4

I. C… II.①斯… ②伯… ③苏… III.因特网-路由 IV.TP391.4

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第09406号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:廉一兵

三河永和印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

1999年6月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·24.75印张

印数:0001-7000册

定价:49.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换

序

随着Cisco路由器广泛应用于家庭、中小型企业、大型企业和ISP骨干网，功能日趋完善。目前Cisco IOS的命令文档资料共有2400条命令，而且大多数命令还有许多选项。每个Cisco路由器都需要经过一定的配置，方能正常工作。十分有趣的是，可以有多种命令组合来完成同样的事情。彻底理解Cisco IOS的配置将能使你更好地完成任务，并使网络取得更高、更可靠的性能。

管理和配置Cisco路由器的人员都希望能够得到一些适合于他们工作环境的“正确的”配置范例。Cisco的配置指南及培训教程就提供了此类信息。然而，这些资料可能无法满足路由器管理员寻求深入信息以及相应解释的要求。此时人们通常就开始询问新闻组和Cisco指导者，以求得到正确答案。

如果你曾经有此境遇，要深入地理解Cisco IOS，那么本书最适合于你。本书引导读者从基本配置、静态路由、有类路由、无类路由、内部路由和外部路由到各种因特网连接选项等方面，融会贯通整个IP协议及路由。每章都有Cisco路由器的配置实例。本书既可以作为参考书，也可以逐章阅读以深入理解Cisco路由器是如何工作的。

Cisco系统世界培训中心、发行服务高级经理
Anthony Wolfenden

前 言

感谢你选择了《Cisco网络高级IP路由技术》。我们在这本书里融入了多年的亲身经验以及培训知识，希望有助于你们在网络中应用Cisco路由器。这也是唯一一本含有大量网络实例与Cisco相关配置的书籍。我们讨论与配置相关部分以便让你明白所发生的事情。列出实例所含配置的目的是让你掌握实例的完整配置。

本书的目的之一是为你提供一个指南，使你学习如何操作TCP/IP以及如何配置Cisco路由器。通过阅读以及理解本书中的概念和实例，读者能够有更加充分的准备，来承担运行大型复杂的IP网络任务，或挑战Cisco认证互联网专家(CCIE)程序考试。(有关CCIE的进一步消息，请查看Cisco或Chesapeake的网页，分别是www.cisco.com及www.ccci.com。)

我们还想让这本书成为帮助你进行基于IP的网络日常运行的实用参考指南。TCP/IP成为首选协议的主要原因是因特网及WWW的爆炸性增长。但是有多种TCP/IP路由选择协议，本书有助于你为实际应用选择一个最好的路由并能够进行实际配置。

无论你是一个专家或者是一个小公司的网络管理员，我们相信本书对你的日常工作将是有益的。

内容

当撰写像本书这样的高级书籍时，我们必须假设读者应该具备一定的知识和适当的水准。我们并不想写一本基本的Cisco路由器配置指南，因为Chris Lewis已经完成了他的专著《Cisco TCP/IP路由管理专业参考》(Lewis 1998，已由机械工业出版社引进出版)。实际问题是我們是否需要讲解IP是如何工作的，经过讨论之后，我们依据培训班上的问题作出决策，写一章介绍TCP/IP如何工作的内容，将使我们的书更加系统并有更好的叙述基础。有关的参考指引将有助于弥补读者所缺乏的TCP/IP的知识。

这不是一本有关TCP/IP应用的书籍。如果你想知道有关TFTP、SMTP、SNMP以及其它使用TCP/IP协议的更多知识，我们向你推荐Paul Simoneau的《Hands-on TCP/IP》(即将由机械出版社引进出版)。该书也是一本有关TCP/IP操作的好参考书。

如果你有一个很坚实的TCP/IP背景知识，可以跳过第1章：“TCP/IP概论”。尽管这是基本知识，但我们发现有许多人不了解TCP/IP协议如何操作，在该章中，我们描述了TCP/IP操作以及端口号如何用于数据流的多路复用及多路分解。通过采用与邮政系统的类比，使人们了解TCP/IP在身边的实际世界中是如何工作的。

第2章，“路由器工作原理”，描述了路由器如何决定报文到达目的地的最佳路径的过程，还描述了如何决定网络屏蔽以及用法。最后我们详细解释了对许多网管人员都具有挑战性的问题，即可变长子网屏蔽。

当你理解了路由器是如何寻找路由之后，第3章向你介绍静态路由，也就是手工输入设定的路由，有些地方要用到这样路由，我们会解释它们的用处，也有一些地方不应该用静态路由，我们也给予了高度重视。

在原先的因特网中，所有路由选择都是基于IP地址类的(A,B,C或D类)，在第4章中，将介绍老的IP路由选择协议，即RIP及IGRP，它们都是以类路由操作的网络。

第5章，我们阐述无类地址及路由选择，这是目前因特网所基于的路由选择机制。通过使用无类路由，我们可以更充分地利用已有的IP地址空间，以往的地址浪费是惊人的。IPv6也使用无类路由，理解无类路由，也有助于向下一代IP过渡。

以无类路由为背景，你可以学到几种无类路由选择协议，这些协议通过搜索路由表查找到达目的地的最佳路径。这包括RIPv2，OSPF及Cisco的专用EIGRP。

许多公司采用一种以上协议，为此需要某种方式实现不同路由选择协议间交换路由信息。这也是非常有趣以及容易出现问题的地方。在第6章，你会看到如何集约多种协议，使得它们能够协调工作，并避免路由表过度增长。

回顾一下因特网在过去18年的发展将是十分有趣的。那时许多公司会说“我们从来没有打算与因特网连接，太危险了”，诞生了万维网(WWW)后，加入WWW就会有商业机会，在后面的各章里，我们将讨论支持因特网互连所需的各种技术。

在公司加入因特网前，通常随便选择一些IP地址供内部使用。一旦决定连入因特网，这家公司面临的问题是：要么重新对成千上万的设备编址，要么在连入因特网处安装网络地址转换(NAT)网关。第7章你将学会如何利用Cisco路由器完成这种功能。你还可以学到私用地址的知识，它们是保留给公司内部使用，是出于安全及服务商之间可移植等考虑，希望分离内部地址与因特网地址。

有多种连入因特网的方法，最简单的方法是不运行路由选择协议，而采用静态路径简化连接，避免在通往ISP的链路上运行路由选择协议的开销。第8章讨论连接到一个或多个服务商时，如何使用静态路由。

有些公司具有复杂网络及因特网连接，希望采用外部协议，第9章将学习边界网关协议，这是服务商及大型公司所采用的标准协议。

最后，也就是第10章，我们将讨论有关故障排除问题。你将看到如何用TTCP、ping、trace等命令来有效地排除TCP/IP问题。每一章都包含一些与所讨论专题相关的故障排除的提示，但有些时候需要额外的信息来找出所存在的问题。在解决复杂的网络问题时，正确地运用这些工具将会帮助你快速决定必须详细地检查什么、可以忽略什么。

工具

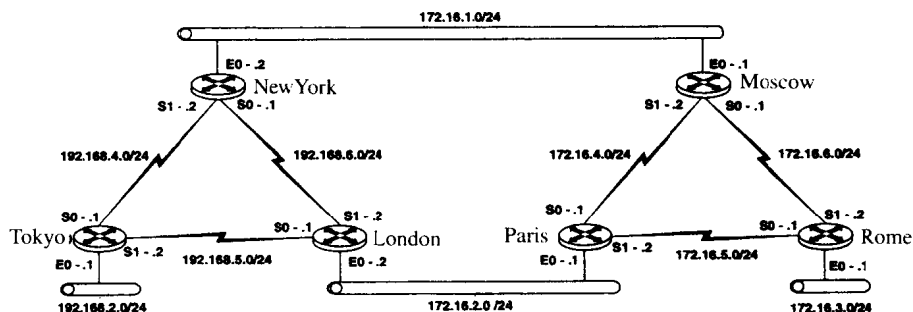
Chesapeake已经建立了基于Java的工具，用于帮助互联网络人员解决网络问题。Java运行环境以及工具可以从Chesapeake的主页(WWW.ccci.com)处得到。我们讨论这些工具如何用来解决你的问题。Chesapeake会继续开发新的工具，所以请经常访问我们的Web站点，看看有哪些新东西，也可以与Chesapeake联系订阅周期性刊物《The Network Monitor》。

动手实验室

配置Cisco路由器主要是一个动手的过程。为了真正学到东西，必须不断练习并实验各种不同的实现方法，如果你在准备CCIE，做实验和练习是十分必要的。我们发现，许多网络技术是清晰明了的，但将练习转换为实际工作的配置时，比预计的要费事得多。

本书每章都含有若干个实验，实验是以三个路由器为单位的若干个组组成的小环境。两

组路由器用于较复杂的环境。图I-1显示两组路由器的工作组，每个串行连接用背对背电缆连接，一端是DCE(数据通信设备)设备，另一端是数据端设备(DTE)。DCE通常是串行通信链路的时钟源。每个路由器的串口1是DCE连接。需要增加clock rate配置命令，这是我们实例中很重要的部分。



图I-1 两组路由顺工作组

你可以建立自身的路由器环境，也可以访问Mentor Labs虚拟实验室的一个或多个路由器环境，只是需要支付正常费用。从因特网上，你可以接入多个进行实验的路由器，路由器对配置命令没有限制，你可以将你的配置信息保留到某个配置存储区域中。详细信息请访问Mentor Labs的站点www.mentorlabs.com。

我们给每个路由器一个城市名称^①，以便在正文引用。当发出涉及该路由器的命令时，我们将用IP地址而不是主机名。Cisco大部分配置命令都使用IP地址，主机名只是用于ping及trace等场合，以便于阅读。我们发现错误的主机名表往往是网络问题的起因。如果你喜欢使用主机名，完全可以把必要的主机表加入到路由器配置中，只是小心地址变化可能会造成主机名表无效。

书中路由器组所用的IP地址会随时改变，这是我们故意设计的。网络问题很少会每次都出现同一地方。你应该习惯在处理不同的网络问题时看到不同的IP地址。这种练习对实际情况及CCIE考试均有好处，必须能够很快地决定出网络拓扑及编址。

当我们使用地址时，我们会使用私有地址范围内的地址，这在RFC1918(Rexhter 等1996)中有定义。

10.0.0.0-10.255.255.255(10/8 prefix)

172.16.0.0-172.31.255.255(172.16/12 prefix)

192.168.0.0-192.168.255.255(192.168/16 prefix)

这些地址决不应该出现在因特网上，它们保留给私有。通过使用这些地址(即使应该使用分配的地址)，可以防止偶而引发其它路由器问题。

示例

本书含有大量配置的实例。我们已经看到由于不完整的实例或遗漏重要的项目而导致严重问题。通常情况下，产生的问题比回答的要多得多。为了解决这个问题，我们的详细配置以及输出实例中均有行号及详细的解释，这点十分重要(见程序清单I-1)。

① 城市名称在正文中用的是中文译名，在程序清单中用的是英文原名

程序清单I-1

```

1 NewYork#sh cont s1
2 HD NIT 1, IDB = 0xDAA44, DRIVER STRUCTURE AT 0xDEBE0
3 buffer size 1524 HD unit 1,V.35 DCE cable
4 cpb = 0x63, eda = 0x2940m cda = 0x2800
5 RX ring~th 16 entries at 0x632800

```

注：第3行显示了电缆车接到串口1为DCE接口，用clock rate命令来定义连接到这个串口的DTE设备的时钟频率。

本书中所用的路由器全部运行IOS release 11.3，文档在www.cisco.com(cisco 1986)上，大多数实例也可以在旧版本上完成。如果你的路由器运行的是其它版本，那么可能会得到不同的输出，在与我们联系所发现的问题之前，请先检查一下版本差异。

路由器配置含有许多重复信息(如主机表，vty配置、口令等)，有不少例子中可能含有这些信息，以便使你有全局观念，而在其它实例中可能会去掉无关信息。

具体配置实例中会含有你所需的各种详细信息，我们鼓励通过完成我们的实例以及相关实验来进行自己的实验，没有显示的接口都是不重要的，可以关闭掉。

CCIE准备

Cisco认证互联网络专家的认证过程是网络开发人员遇到的专业性最强的挑战之一。在每一章里，你都会发现有一节用于描述为了成功地通过考试所应该知道的东西。如果你花些时间完成所有例子及实验，你会很有把握地通过书面及动手考试。

请注意本书的CCIE部分不是直接来源于CCIE考试，Cisco也没有认证有关章节的权威性。我们提供的材料覆盖了基本知识，这是所有参加CCIE考试的人都应该知道，应该动手完成的。无疑有些考试内容会没有覆盖到，但是只要动手做了这些例子及实验，你就有了充分准备。

约定

许多图及正文中出现了配置实例。为了便于阅读，它们按定宽格式输入，与你在计算机终端上看到的一样。配置命令及某些命令输出有行号，是为了便于阅读，在实际的Cisco路由器的配置及输出中没有行号。

当需要组合键时，就将这些键组合在尖括号中。这意味着你必须同时按下这些键。例如，<CTRL-Z>表示你在按Ctrl的同时，按下Z键；更复杂的组合实例是<CTRL-SHIFT-6>，此时你必须同时按下Ctrl及Shift键，再按6键。

最后，我们再次感谢你选择了这本书。希望你觉得这本书有用并从中受益，我们欢迎你与我们共同讨论本书的相关问题，并对本书提出宝贵意见。联系网址为：www.ccie.com。

Terry Slattery, CCIE#1026
William Burton, CCIE#1119

目 录

序
前言

第一部分 TCP/IP基本原理

第1章 TCP/IP概述	1
1.1 OSI参考模型	1
1.1.1 类比邮政系统	2
1.1.2 邮政局的寻址	6
1.1.3 封装与拆封	6
1.1.4 OSI模型的优势	7
1.2 TCP/IP协议栈	7
1.2.1 总体结构	7
1.2.2 协议栈多路复用	8
1.2.3 TCP	11
1.2.4 UDP	16
1.2.5 IP	17
1.3 其它协议	21
1.3.1 地址解析协议	21
1.3.2 互联网控制消息协议	24
1.3.3 性能	28
1.4 CCIE提示	29
1.4.1 故障排除	29
1.4.2 开环路由	31
1.4.3 端口号	31
1.5 IP的未来(IPv6)	32
1.6 小结	33
第2章 路由器工作原理	34
2.1 路由器	34
2.2 寻找IP目的地址	35
2.3 网络掩码	36
2.4 路由选择过程	37
2.5 路由选择表	48
2.6 管理距离	40
2.7 路由选择表查找	41

2.8 Cisco路由器间交换路径	42
2.9 多路径操作	43
2.10 子网化	45
2.11 子网化举例	46
2.12 使用什么样的掩码	48
2.13 可变长子网化	49
2.14 无类路由选择	52
2.15 CCIE提示	53
2.16 小结	53

第二部分 内部路由

第3章 静态路由	55
3.1 端网络	55
3.2 缺省路由	57
3.2.1 何时使用缺省路由	57
3.2.2 如何配置缺省路由	58
3.3 浮动静态路由	59
3.4 缺省网络	61
3.5 多个缺省路由	65
3.6 诊断	68
3.7 CCIE提示	69
3.8 小结	69
第4章 有类内部路由	70
4.1 距离-向量协议	70
4.2 RIP协议	70
4.2.1 配置	71
4.2.2 RIP协议的更新	72
4.2.3 RIP协议的度量值	73
4.2.4 RIP协议的记数到无穷大	74
4.2.5 距离-向量协议的水平分割	75
4.2.6 毒性逆转	76
4.2.7 瞬间更新	76
4.2.8 阻止机制	77
4.2.9 定时器	77

7.6.2 例3中的隐患	302
7.7 小结	302
第8章 静态因特网互连	303
8.1 静态路由为因特网互连提供了什么	303
8.2 静态路由不能为因特网互连 提供哪些功能	303
8.3 CCIE提示	323
8.4 问题与答案	323
第9章 边界网关协议Internet互连	324
9.1 BGP概况	324
9.1.1 自治系统定义	324
9.1.2 BGP背景	324
9.1.3 BGP操作	325
9.1.4 BGP路由确定	325

9.1.5 连接到ISP	326
9.2 示例	326
9.2.1 例1:BGP Internet连接, 单出口	326
9.2.2 对等BGP连通性的调试	333
9.2.3 例2: BGP Internet连接, 多个出口	335
9.3 CCIE 提示	367
9.4 小结	368

第四部分 附 录

A 故障排除	369
B Chesapeake子网计算器	378
C 缩写词表	381
D 10进制、16进制、2进制换算	384

第一部分 TCP/IP 基本知识

第1章 TCP/IP 概述

TCP/IP是传输控制协议/互联网络协议的缩写,这两个协议是目前因特网上应用最广泛的协议。TCP/IP协议簇实际上是一个协议集,TCP和IP是最著名的两个协议,其它协议包括用户数据报协议(UDP)、互联网控制消息协议(ICMP)以及地址解析协议(ARP),整个协议簇称为TCP/IP。

你认为已经掌握了全部TCP/IP!你是否能够解释发生在协议栈各层次的多路复用?你是否了解TCP实现所用的最大窗口长度,以及如何影响长延迟路径(或者是很高带宽的管道)的吞吐量?

本章我们将回顾TCP/IP协议簇各个协议的重点,如果你希望更多地了解TCP/IP协议本身或是基于TCP/IP应用的操作,我们推荐参考Stallings(1997),Stevens(1994),Corners(1995)或Simoneau(1997)等书籍。

1.1 OSI参考模型

每本网络书几乎都要从OSI模型的描述开始,请参考图1-1。并非每个人都喜欢谈论它,而是通过描述模型可以使得我们有共同的术语以及各种用于以后讨论的参考帧,真正擅长解答疑难的人往往也用它来解释网络疑难或排除故障。例如,确认数据链路层是正常的,从而将精力放在寻找高层的问题。

有一个正确的网络模型对学习技术也是十分重要的。它给你一个用于增加新概念的框架,使你知道它们应该放在什么地方,就好像知道轮胎及传送带在汽车设计与运行中的作用一样。

OSI模型由国际标准化组织(ISO)制定。OSI代表开放系统互联。它原先是一个模型,后来演变成一个与之同名的协议簇。OSI协议簇本身没有在世界范围内广泛应用,但它的发展极大地促进了我们对网络协议的理解并了解如何更好地开发它们。

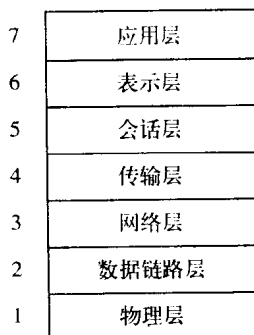


图1-1 OSI模型

开发这个模型和协议的主要原因是制订国际标准，以便每个人都能够互操作并用它进行互联设备间的通信。实际上，由于OSI协议开发时间太长，以致许多公司采用了TCP/IP。随着越来越多的公司采用TCP/IP，对OSI协议的需求也就相应减弱，最后结果是TCP/IP达到了OSI想达到的目标。

1.1.1 类比邮政系统

通过把设计及建造网络协议的复杂任务分解到层，也称为“协议栈”，我们就能够很容易地完成任务。图1-2说明七层OSI模型与邮政系统的关系。

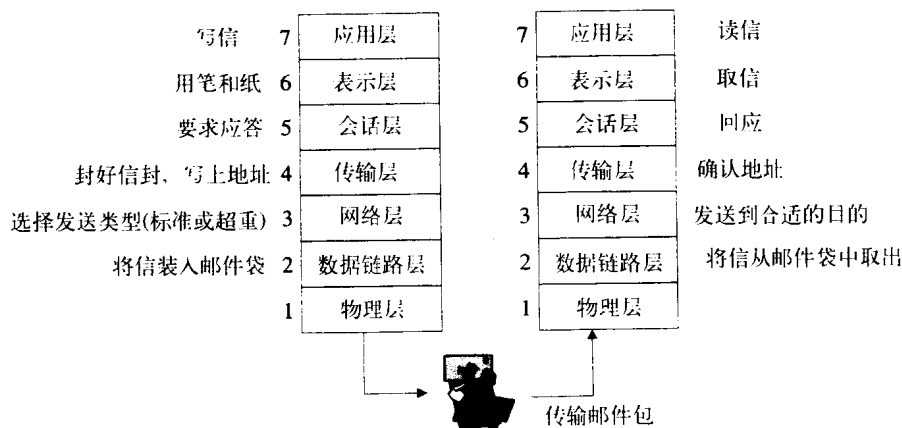


图1-2 邮政类比

请记清楚这些，我们现在开始比较OSI模型与邮政系统。

提示：我们把网络协议的多个层次称为“协议栈”，因为一层在另一层上。每层的操作依赖于下层所提供的服务。例如传输层依赖于网络层的最佳努力服务，网络层依赖于数据链路层以获得网络介质访问并将报文转换为适合于数据链路的帧格式数据(如以太网帧、令牌网帧、FDDI帧等)。

1. 应用层

应用层(Application)是应用(如Ftp,Telnet)与网络协议栈之间的接口，它定义了应用程序为了在网络上传输数据所必须调用的程序。

类比邮政系统，应用可能是用笔进行会谈，接口是选择笔与纸或铅笔与纸，或者打印机与纸，或计算机与文字处理器以生成数据(如图1-3所示)。这一层生成的所有数据递交给表示层。

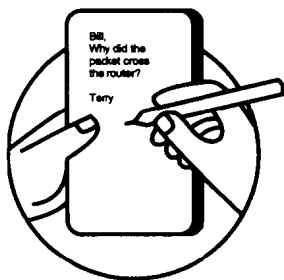


图1-3 应用层——写一封信

2. 表示层

表示层(Presentation)处理所有远程通信所需的数据转换, 所有网络协议执行数据转换, 将数据转换为“网络标准格式”, 对于Telnet及FTP, 它们使用网上定义好的格式, 每个系统必须将内部数据表示转换为网络标准格式。采用EBCDIC字符集的计算机必须将它们的数据转为ASCII字符。数据加密及压缩在这一层进行。

如果你写信, 内容需要保密, 你可以把它转换为一个加密的形式。简单的方法是将字母表轮换13次。A字母变成N, B变成O, C变成P等(如图1-4所示)。这个轮换称为轮换13, 因为字符表的字母轮换了13个字母。轮换后的数据传到会话层。

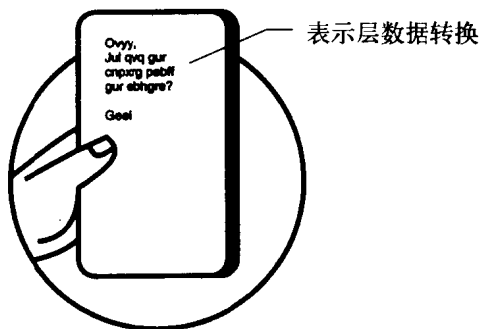


图1-4 表示层——数据转换

3. 会话层

会话层(Session)维持与远程系统的会话。像Telnet类的网络应用, 它包含确定用户终端类型, 以便屏幕编辑器正确工作, 也包括每个字符的协商, 或者是每次一行用户输入数据传送的协商。

与邮政系统相比, 类似于决定采用什么语言、是否修改字母、或是有什么要说就发送什么。会话头部表明这封信是一封完整的信还是在一定的时间内需要有一个回答(如图1-5所示)。会话层的数据交给传输层。

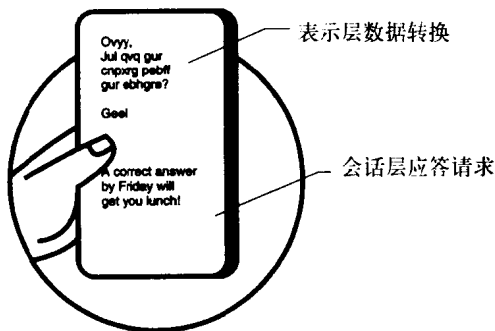


图1-5 会话层——组织会话

4. 传输层

传输层(Transport)提供一种方法, 使得一个系统上运行的计算机程序能够与另一个系统运行的程序进行数据通信。大多数协议栈提供两种传输机制。

一种传输是可靠发送协议, 当出错或受到破坏时重传数据; 另一种是数据报服务, 开销

小,但是不保证可靠性。由程序员决定采用哪一种传输协议最适合正在开发的程序(可靠数据流或不可靠数据报文)。

程序员要考虑的最重要因素之一是通信是面向数据流(如文件传输)还是面向事务(如数据库查询)的。另一个因素是内在可靠性。对于可靠传输,如果发送失败,传输层执行重传功能;对于数据报文,由程序本身重传丢失或受破坏的数据。当进一步考察TCP/IP时,会学到这两种传输协议的其它差别。

在传输层,数据封装在邮寄信封内,目的地逻辑名用于查找目的地址。类比邮政,这包括检查笔友的地址以及邮政编码,你的笔友将会知道信的顺序,并能够按照正确的顺序装订,如果出现错误,将请求重传。我们看到这一层的数据(包括会话控制等信息)被封装在某种传输介质之中,例如信封(如图1-6所示)。传输层将它的数据递交给网络层。

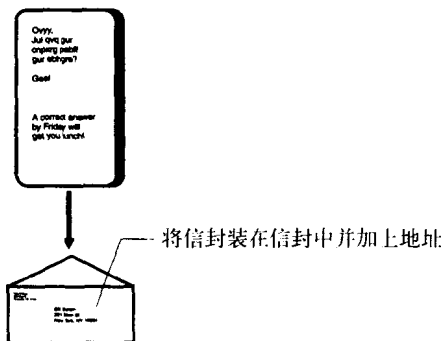


图1-6 传输层——逻辑寻址与可靠性

提示:封装是将数据放在小容器或胶囊中。可以把信封(或TCP包)理解为容器,用它在网络上传送数据。其外面有源地址及目的地址,以便网络层决策最佳转发方法。

相反,从小容器或胶囊中取出东西(数据)的过程被称为拆封。我们经常看到封装及拆封发生在传输层、网络层及数据链路层,每一层都有自己的头部描述其自身的内容。

5. 网络层

网络层(Network)将数据传递到目的地,这一层采用“最佳努力”方法,检查目的地址并决策最佳路径。知道了最佳路径,网络层就可以决定选择哪一个数据链路层来传送数据到下一站。它将数据分为若干段,段的大小适合于到达下站的传输机制。TCP/IP中所用的网络地址与物理层的技术无关。物理层技术用于连接系统,这也是路由器工作的基本条件。

在邮政系统中,我们可以选择不同的邮递方法,这类似于不同的网络技术。我们可以用传真、邮政系统、联邦快递或其它方法。做出到达下一站的出发路径的决策是路由过程的第一步。在这种情况下,我们已经写了一封适合于单个信封的信件,没有优先级要求,所以选择邮局邮递方法。如图1-7所示,信封交给数据链路层。

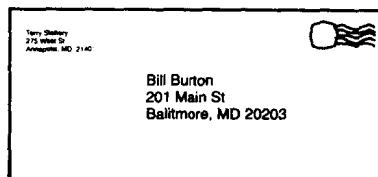


图1-7 网络层——决策路径

6. 数据链路层

数据链路层(Data-link)只关心将信件送往目的地的下一站地址。在网络世界中,我们关心介质访问(比较公平地访问介质,以保证没有一个站长期独占传输介质)。我们也关心将数据形成适合于介质传输的格式。大多数网络有一套独特的编址方法。在网络层采用一种与数据链路层编址无关的高层地址,这样可以方便地建立一个基于WAN及LAN的多种类型的网络。类比于邮政,相当于将信件交给邮递员,可能是通过邮箱完成,必须符合一定的规格(大小、重量等)而且邮资必须足够。邮递员将信件放在邮包中,以便物理层传递(如图1-8所示)。注意邮包本身有地址,就像网段上的数据链路层地址。

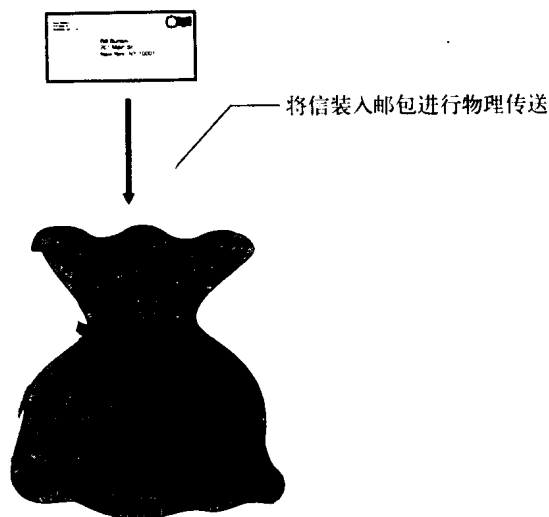


图1-8 物理层——准备通过物理介质发送

7. 物理层

OSI模型的最后一层是物理层(Physical),这一层把比特位转换为线路上的电信号或光纤系统上的光信号。

在邮政世界中,除了传真,信件不转换为另一种用于传输的形式。实际上,信装在邮包中,由邮递员传递,通常邮包拿到邮局里,就像网络数据经过以太网从工作站到达路由器。邮件在邮局分拣后,由另一个邮递员送到目的地(如图1-9所示)

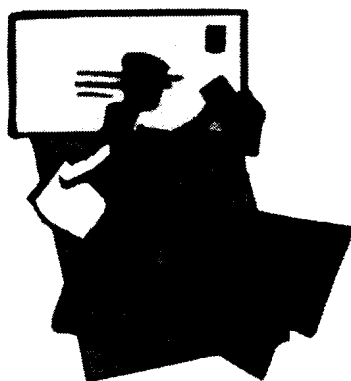


图1-9 物理层——发送数据

1.1.2 邮政局的寻址

信件到达邮政局就像报文包到达路由器。每一个都必须通过一定的路由到达正确的目的地。图1-10说明了一封信件在邮政系统中的传递过程。

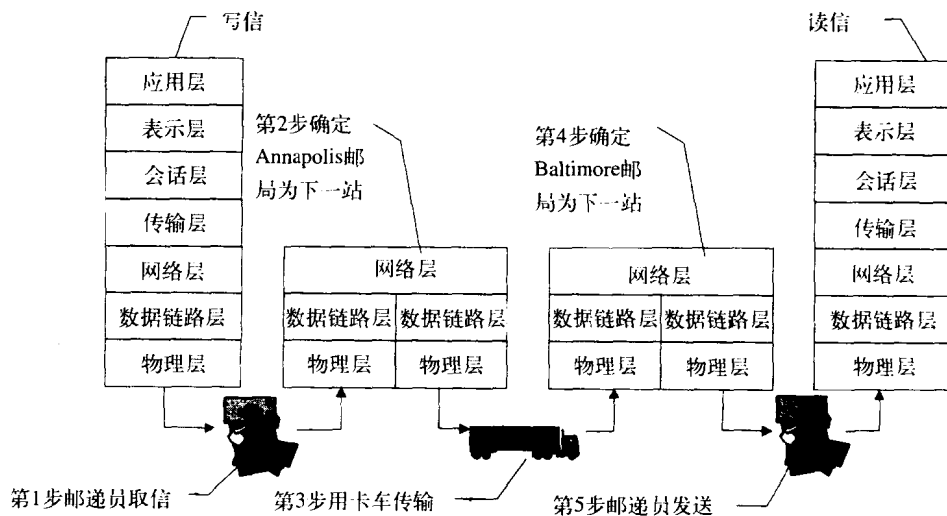


图1-10 邮政局寻址过程

第一步是信件从物理层及数据链路层中取出(邮包)。邮政局检查地址,在检查地址时,只检查最有意义的部分(如邮政编码的前三个数字),决定到达目的地的下一站。

例如一封从Annapolis, MD到Baltimore, MD的信件由本地邮递员收集(第1步),传送到Annapolis邮局。在这里从邮包中取出信件,并检查目的地址(第2步)。由于信件发到Baltimore,下一站将到达Baltimore邮政局。这封信将装到去Baltimore的邮包中(第3步)。在Baltimore,该信件从卡车及邮包中取出,检查信封以决定送到目的地的路径(第4步)。下一站是由另一个邮递员传递,其目的地址是街道地址,采用邮包封装(第5步)。

当信件到达目的地时,接收者检查目的地址,并检查是否已到达目的地(由网络层检查),打开信封并和其它信件一起按正确顺序排列好(传输层)。会话层、表示层和应用层执行必要的数据转换,最后形成一封可读的信件,以及两个笔友间的连续会话。

1.1.3 封装与拆封

为了真正理解网络,必须理解封装与拆封的概念。我们看看笔友会话过程中是如何封装与拆封的。回头看图1-3~图1-9。每一层在处理时都在数据上加上本层的头部。

假如Terry写封信给Bill,信在应用层产生,这一层没有网络封装(图1-3)。

如果是一个秘密的笔友会话,就希望对信件内容进行加密,并加上一个头部,标识所采用的加密方法(Rot-13)。这个会话就发生在表示层(图1-4)。

加密的报文,包括加密类型和加密数据,封装在一个会话报文包中(图1-5),会话报文包头部告诉接收者要回答这个加密问题。

在传输层,逻辑地址头部(接收者的姓名)加在报文包上(图1-6)。我们也看到一系列数字以便接收者按正确的顺序组织信的内容。

网络层加上整个地址，把接收者的姓名转换为网络层可用的地址，请参见图1-7。地址写在信封上，数据封装在内部。

图1-8显示了数据链路层将信件装在邮包里(邮递介质)。邮包上有将要到达的下一站的地址。

最后，含有信件的邮包装在物理介质中(图1-9的邮递员以及图1-10卡车)送达下一站。

在Bill收到信件时，他将实施加密的逆过程，以便读到原文。首先通过验证目的地址以证明他是接收者，其次拆开信封(网络层的拆封)，他的会话层处理将看到需要回信，加密的数据将要求他的表示层执行数据解密功能。最后，他阅读问题(应用层)。

网络协议执行同样的转换及封装。本章的后面将看到TCP/IP如何执行这些功能。

1.1.4 OSI模型的优势

OSI模型允许我们把问题分割为易于解决的小问题，除了这个优点之外，它也允许在协议栈的某一层面上更方便地用一种解决方案代替另一种解决方案。例如TCP/IP起初采用以太网网络作为LAN技术，然后引入令牌环网，接着是16Mbps的令牌环网和FDDI，现在则是快速以太网及ATM，通过将以太网数据链路层的功能替换为令牌环网数据链路层的功能，我们就可以容易地利用OSI模型的优势。

网络领域中的介质无关性，就好像Pony特快专递被火车所取代与加强一样。目前的邮政系统通过许多传输方法(汽车、卡车、飞机)，就像我们网络中的种种技术一样(以太网、令牌环网、FDDI、ATM、帧中继)。

采用OSI模型的最终结果是应用层认为它正直接与另一计算机的应用层进行通信。事实上不是直接通信，它是通过调用表示层进行数据转换，并将数据发送到正确的目的地址；类似地，表示层依赖于会话层控制会话以及在远程将数据提交到表示层。这种“虚拟通信”一直延续到物理层，在物理层两个设备直接通过某种介质相连，物理层是通信最终发生的层次。

1.2 TCP/IP协议栈

1.2.1 总体结构

如图1-11所示，TCP/IP协议栈与OSI模型恰好匹配，基于TCP/IP的应用将应用层、表示层以及会话层融入应用层，例如，Telnet应用本身包括数据表示和会话层终端类型决策；FTP登录序列建立FTP会话是FTP应用的一部分。所有TCP/IP应用，无论采用TCP(传输控制协议)还是UDP(用户数据报文协议)，接口都发生在传输层(后面将进一步描述TCP/UDP)。

OSI类型	TCP/IP	举 例		
应用层	应用层	Telnet	FTP	TFTP
表示层				
会话层				
传输层	传输层	TCP	TCP	UDP
网络层	网络层	IP	IP	IP
数据链路层	数据链路层	Ethernet,TokenRing,FDDI等		
物理层	物理层	Cabling,Connectors,Signaling等		

图1-11 TCP/IP与OSI模型