

Mastering Cisco Routers

Cisco

路由器

从入门到

精通

Chris Brenton
〔美〕 Andrew Hamilton 著
Gary Kessler
邱仲潘 等译

- 配置、管理Cisco路由器
- 安装、配置和管理Cisco网络互连操作系统
- 实施安全、可靠的虚拟专用网



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

URL: <http://www.phei.com.cn>

Mastering Cisco Routers

Cisco路由器从入门到精通

Chris Brenton
〔美〕 Andrew Hamilton 著
Gary Kessler

邱仲潘 等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 提 要

本书的主要目标是帮助读者加快部署和管理Cisco路由器，将路由器配置与设计的课题放在一起，提供布置和部署基础设施的完整工具。本书介绍了大量联网背景知识，使读者可以由浅入深地学习网络连接技术和Cisco路由器在网络部署与配置中的使用技巧。

本书可以作为高等学校学生和网络工程人员学习路由器与联网的参考书，也可以作为CCNA与CCDA考试的复习材料。



Copyright©1999 SYBEX Inc., 1151 Marina Village Parkway, Alameda, CA 94501. World rights reserved. No part of this publication may be stored in a retrieval system, transmitted, or reproduced in any way, including but not limited to photocopy, photograph, magnetic or other record, without the prior agreement and written permission of the publisher.

本书英文版由美国SYBEX公司出版，SYBEX公司已将中文版独家版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可，不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目 (CIP) 数据

Cisco路由器从入门到精通/(美)布莱顿(Brenton, C.)著;邱仲潘等译.-北京:

电子工业出版社, 2000. 9

书名原文: Mastering Cisco Routers

ISBN 7-5053-6174-0

I. C… II. ①布… ②邱… III. 计算机网络-路由选择 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第69313号

书 名: Cisco路由器从入门到精通

著 作 者: [美] Chris Brenton Andrew Hamilton Gary Kessler

译 者: 邱仲潘 等

责任编辑: 和 敬

印 刷 者: 北京天竺颖华印刷厂

装 订 者: 三河金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036 电话: 68279077

北京市海淀区翠微东里甲2号 邮编: 100036 电话: 68252397

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26 字数: 660千字

版 次: 2000年9月第1版 2000年9月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6174-0

TP·3314

定 价: 42.00元

版权贸易合同登记号 图字: 01-2000-0332

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。

致 谢

我觉得写书最有意思的就是可以写一个致谢，借此机会感谢所有为本书投入时间和精力的人们。

感谢Guy Hart-Davis，从我第一部作品起，这位文字工作老手就对我的写作深有影响。很遗憾这将是我们的最后一本书，因为Guy已经另有高就。至少应和Guy喝上几杯家酿酒。

感谢Brenda Frink帮助收集材料，Colleen Wheeler Strand (Cisco Router Diva) 让项目如期进行。事实上，Colleen还亲自编写了好几章，她精彩的文笔使本书增色不少。

感谢Andy和Kess认真设计的范例，他们都是行家里手，抽出宝贵时间传经送宝。感谢Dana Gelinas和Deb Tuttle的技术编辑与支持，他们巧妙地指出了书中的错误，而又让我们不太难堪。感谢Sybex公司的Judith Hibbard, Jennifer Durning, Nila Nichols和Tony Jonick进行的许多幕后工作。

衷心感谢杰出的编辑Nancy Conner，她注意细节，认真审查材料，提出重要建议，办事周全，是很好共事的人。没有她的帮助和宝贵意见，本书不可能达到目前的境界。

技术方面，感谢Tina Bird (VPN Diva)，Ron Hallam, Jim Oliver, Gene Garceau和Geoff Shaw以不同方式和形式对本书做出的贡献。

下列人员虽然不是直接贡献人，但对本书的形成起了重要作用。感谢Lance Spitzner在网上建立的优秀安全白皮书站点，J.D.Glaser提供了世界上最好的安全工具，Stephen Northcutt在SANS进行的所有伟大的社区工作，感谢Dave Elfering, Joe Prest, Kathy Hickey, William Stearns, Gerry Fowley, Alice Peal, Michael Wright, Jerry Buote, George Cybenko以及Dartmouth College的安全小组全体成员。

个人方面，感谢Sean Tangney, Chris Tuttle, Al和Maria Goodniss, Linda Catterson, Toby Miller, Sheila O'Donnell, Patricia Kennedy等好友，感谢Sue Rotchford帮我调整思路 and 激发灵感。

家庭方面，感谢我的双亲Al和Carolee Brenton给我买了第一台计算机和没有把我送到军校，你们的坚持和耐心终于结出果实了。感谢我的姐姐Kym和姐夫Brian Frasier给我的生活带来了更多乐趣。感谢我的儿子Skylar在空空的玩具箱和空空的冰箱前面给我带来了生活的巨大乐趣。

最后，感谢我至爱的妻子和好友Andrea。在你怀孕期间能让我写书是你任劳任怨的明证。谢谢你包办了家里的一切。没有你的爱心支持。本书不可能完成。

译者序

仅仅一年前，我们还在睁大眼睛看着比尔·盖茨的财富钟，认为微软的财富在近期内是没有对手的。但是，今年4月，在微软因反托拉斯法被判有罪，股市出现恐慌性抛售之后，思科系统公司的市值达到五千多亿美元，已经比微软多出几百亿美元。这个奇迹不仅是一项法律裁决的结果，更表明技术领域的一个重大变化。在这个因特网世纪里，最重要的是交流，而不是计算机操作，个人电脑的重要性已经远远不如网络重要了。默默支持全球网络进行数据交换的路由器也渐渐走向前台，成为全人类关注的焦点。思科公司的路由器和交换设备占全球市场的80%，是它们默默支持着企业网和因特网的数据交换。很高兴把一本介绍Cisco路由器使用的好书翻译过来，献给各位读者。

本书翻译过程中得到了周阳生、刘文红、邹能东、彭振庆、黄志坚、李耀平、江文清等同志的大力帮助，刘文琼、温连英等同志完成了本书的录入工作，刘云昌、刘联昌兄弟帮助进行了书稿与打印稿的校对，在此深表感谢。

邱仲潘

简介

可以说，没有一家公司能在计算机网络中像Cisco系统公司这样在某一个方面占绝对优势。市场研究表明，Internet中80%都运行Cisco硬件。在这个市场份额争夺如火如荼的年代，这个比例是惊人的。为了让这个数字更直观，可以想像高速公路上奔跑的10辆汽车中有8辆都是由一家汽车厂制造的！

为什么Cisco硬件如此普及呢？首先因为可靠性。我本人安装过几百台Cisco路由器。在所有这些安装过程中，前三年遇到过三、四个路由器故障。这就是说，如果投资Cisco路由器，则可以保证其能运行许多年。

另一点是丰富的特性。Cisco路由器支持各种网络协议和许多选项。除了路由选择功能外，还可以实现分组过滤、网络地址翻译、服务质量、甚至虚拟专用网络。Cisco在其路由器产品系列中不断增加新特性，使这些设备对公司的核心基础结构更有价值。

可以选择的路由器机型也很多。Cisco提供不同路由器产品，可以满足从小型家庭办公室到大型WAN基础结构及其间各种规模的用户需求。可以选择集成通信端口的机型和接受模块卡的机型，可以根据通信需求定制路由器。如果选择模块卡，则可以选择只接受一个模块的路由器或多达16种不同模块卡的路由器。显然，Cisco路由器能满足各种需求。

当然，从低级机型上升到顶级路由器时，你不必学习新的命令集。所有Cisco路由器都基于Cisco Internetwork Operating System (IOS, 网络操作系统)。即管理低级Cisco 800路由器的命令与管理Cisco 12000顶级路由器的命令是相同的。这样就可以减少学习时间：知道如何使用一种路由器就可以方便地使用其他Cisco路由器。

Cisco路由器还易于使用。购买Cisco路由器时，即可免费取得Router Software Loader和ConfigMaker。这些产品使路由器的配置和升级轻而易举。例如，利用ConfigMaker，只要画出网络图形，软件就会自动负责配置设置。对于更专业的人士，可以通过命令行或HTML界面配置路由器。

最后，Cisco认真考虑路由器性能和安全性，这也许是Internet上许多路由器都是Cisco路由器的主要原因之一。如果Internet连接成为关键业务功能，则需要保证提供这种连接的设备具有可靠性。Cisco的多年历史表明其路由器设备具有可靠性。

本书内容

第1章首先介绍网络通信的基本技术，介绍信息如何分组打包和在网络系统之间传输。我们介绍各种连接选项及各自的优缺点。

第2章介绍逻辑拓扑，介绍各种LAN和WAN拓扑及各自的优缺点。本章还特别介绍以太网，简单介绍如何测量和计算网络性能。这在规划网络时特别有用。

第3章介绍网络协议，包括TCP/IP、IPX、AppleTalk和NetBIOS/NetBEUI。由于路由器需要知道如何处理每种协议，因此我们深入介绍网络寻址、地址发现和传输层服务，并比较每种协议的效率。

第4章重点介绍网桥与交换机。由于大多数使用路由器的环境都使用网桥与交换机，因此要了解网桥与交换机的工作，以便集成网桥与交换机。本章还介绍几个设计例子，要确定具体环境中网桥与交换机是否适用。

第5章介绍路由选择基础，介绍在基础结构中传播网络地址信息的可用选项，并比较各种选项的优缺点，甚至用一些设计例子说明何时路由选择能比网桥与交换机更有效地控制通信流。

第6章介绍管理网络基础结构所需的特定路由协议，我们深入介绍TCP/IP、IPX、AppleTalk和NetBIOS的路由协议选项。我们甚至开始介绍Cisco路由器中如何配置路由协议。

有了Cisco路由器，就要学习IOS命令集了。第7章介绍一些基本操作，如怎样访问Help，如何确定正确的命令语法。对不喜欢命令行界面的用户，我们还介绍了HTTP界面。

第8章介绍如何在订购Cisco路由器时确定需要的特性，还介绍如何在Cisco路由器中安装操作系统。最后，我们介绍装入与管理配置文件的不同选项。

第9章介绍分组过滤，介绍分组过滤的工作原理和如何用分组过滤有效地控制通信流。我们介绍标准访问表、扩展访问表和Cisco新的反射性过滤。本章最后介绍一些设计例子，用分组过滤控制TCP/IP、IPX和AppleTalk环境中的通信流。

第10章介绍路由器安全。由于许多路由器都位于防火墙保护圈之外，因此我们介绍保证路由器安全的所有防范措施。

第11章介绍虚拟专用网络，首先介绍验证与加密的重要性及如何用这些技术建立两个站点之间的安全隧道。我们介绍设置VPN的选项和使用Cisco路由器硬件的设计例子。

第12章介绍如何更好地管理路由器基础结构。保持路由器状态标签是保证网络最优性能的关键步骤。我们介绍如何收集路由器日志项目和统计信息，以及发生最糟情形时如何备份。

第13章介绍网络设计基础。首先介绍一组业务要求并走完部署前的所有设计过程。每个设计例子包括必要的路由器配置文件，因此可以在你自己的环境中采用这些设计。

第14章继续进行范例研究，讨论如何形成正确的网络设计。本章的设计是由另外两位作者建立的，从而提供通过设计过程解决问题的不同视角。

最后，第15章介绍Cisco证书及可用选项，介绍各级证书以及各自的要求。取得证书并不容易，但证书的好处很大，值得努力争取。

本书读者

市面上的Cisco图书很多，为什么要选这本书呢？很多Cisco图书都是针对获得证书的，而本书则主要帮你加快部署和管理Cisco路由器。因此，CCNA图书着重实际路由器配置，CCDA图书着重设计，而本书则合并这两个课题，提供布置和部署基础设施的完整工具。

利用本书的材料也可以备考CCNA和CCDA。也许关于TFTP的考题不多，不值得本书这样介绍。但是，如果你要实际部署大量路由器，则书中介绍的何时如何使用TFTP和怎样在多个操作系统中配置TFTP对你会大有帮助。

这里的目标是完成工作。我们没有对读者的知识作多少假设，读者所需的背景知识已经在书中提供。高水平的读者可以跳过入门信息，直取书中的关键内容。如果你要重新设计公司网络，则可以到设计例子中寻找灵感。

如有关于本书的意见和建议，请发e-mail到**cbrenton@sover.net**。

目 录

第1章 通信基础	1
模拟与数字通信	1
通信同步	5
了解拓扑	5
连接类型	8
数据包	10
OSI模型	14
传输层服务	19
小结	22
第2章 了解逻辑拓扑	23
局域网拓扑	23
广域网拓扑	35
小结	46
第3章 协议	47
Internet协议组 (IP)	47
网间分组交换	70
网络基本输入/输出系统 (NetBIOS)	79
AppleTalk	83
小结	87
第4章 网桥与交换	88
网桥	88
交换	93
用网桥与交换机设计网络	100
小结	105
第5章 路由	106
协议复习	106
路由器	108
路由表	110
第3层交换	119
用路由器设计网络	119
小结	123
第6章 路由协议	124
IP路由	124

IPX路由	130
NetBIOS路由	131
AppleTalk路由	133
协议独立路由	133
小结	134
第7章 Cisco IOS	135
使用联机帮助	135
操作方式	137
配置基础	142
通过HTTP管理	150
了解Cisco内存	151
小结	153
第8章 安装Cisco IOS	154
选择特性集	154
路由器软件装入器	155
Cisco ConfigMaker	158
TFTP	166
小结	172
第9章 访问表	173
可用选项	173
静态分组过滤	173
动态分组过滤	179
访问表基础	182
生成一组IP访问表	190
非IP访问表	200
安装访问规则	204
小结	209
第10章 生成堡垒路由器	210
何谓堡垒主机	210
安全检查	210
关闭不用的服务	213
口令安全	216
其他安全事项	219
小结	222
第11章 虚拟专用网	223
验证与加密	223
加密101	227

良好加密	232
VPN基础	233
Cisco使用的标准	236
VPN部署	240
配置VPN访问	244
小结	247
第12章 管理Cisco路由器	248
登录到Syslog	248
通过TFTP备份与管理	260
通过SNMP管理	262
小结	267
第13章 网络范例分析	268
范例1: 子网掩码问题	268
范例1: 实施方案	271
范例2: 路由器表效率	274
范例2: 实施方案	277
范例3: 设计新WAN	283
范例3: 实施方案	286
小结	289
第14章 实际路由: 专家建议	290
范例1: 专用Internet连接	290
范例2: 使用专用线路的专用广域网	301
范例3: 专用IP/IPX WAN使用帧中继	307
范例4: 多点VPN	315
范例5: 网络操作中心	329
范例6: 大型网络基础结构	345
小结	362
第15章 取得Cisco认证	363
Cisco认证历史	363
为何认证	363
证书级别	365
证书要求	370
准备考试	370
参加考试	372
小结	373
词汇表	374

第1章 通信基础

- 模拟与数字通信
- 通信同步
- 物理与逻辑拓扑
- OSI模型
- 面向连接与无连接通信

介绍路由器及其工作原理之前，首先要介绍一些基础知识。本章介绍网络通信基础和系统之间如何传输数据。尽管最终用户通常看不到通信过程，但高级网络设计人员必须掌握这个知识，才能有效地排除故障。

我们首先介绍模拟与数字信号。所有网络通信都利用这两种传输方法之一移动信息。然后我们要介绍传输信息期间可能遇到的故障及如何减少这些故障的影响。

接下来，我们要介绍网络的核心结构，介绍系统如何连接，系统之间如何利用模拟与数字信号传输数据。最后，我们将用OSI模型描述通信会话的完整过程，以便更好地了解网络中发生的情况。

模拟与数字通信

数据通信的方式有两种：

- 通过模拟传输
- 通过数字传输

在模拟传输中，信号的幅度和频率可能改变，模拟传输可取指定范围内的无限个值。例如，我们的声音是用模拟信号传输的。我们的发声器官以不同的频率和幅度使空气振动。这些振动通过耳膜接收，解释为词语。音调与音量的微妙改变可能使说话的含义大不相同。

图1.1显示了模拟传输的例子。注意每个波形峰值的幅度，这些不同的幅度值可能传达不同的信息，如字母数字字符。这样就能非常有效地传输信息，因为每个波形周期可以表达其他信息。在完美世界中，模拟传输是表达信息的理想方式。

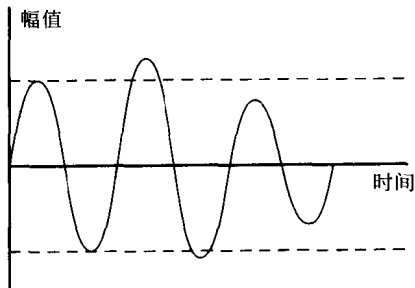


图1.1 模拟传输随时间变化的例子

说明：频率单位为每秒周期数或赫兹（Hz）。如果图1.1是在一秒时间内测量的，则频率为每秒三个周期，或3Hz。

模拟传输的问题在于很容易受到噪音（或干扰）的影响。噪音（noise）是增加的不要的信号信息，可能造成数据多次重新传输，降低信息传输速率。假设要在人声嘈杂的房子中交谈，由于背景噪音很大，你们的谈话常常会受别人的声音干扰，于是经常发出“什么？”“你说什么？”之类的短语，需要多次重新传输数据、降低信息传输速率。

图1.2是噪音线路中模拟信号的例子。注意这时很难确定每个波形的准确幅值，从而可能传输不正确的信息或要求重新传输数据。

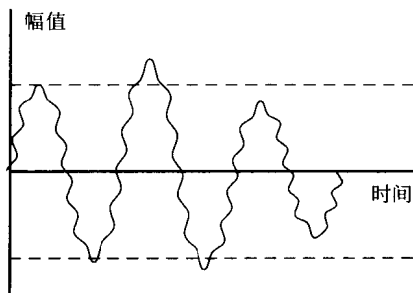


图1.2 噪音线路中的模拟传输信号

为了解决这个问题，数字传输应运而生。数字通信基于二进制系统：只传输两个信息：1或0。在电路中，0通常表示为电压0v，1表示为5v。这与模拟传输迥然不同，后者可能取无穷个值。这些1和0通过某种方式串在一起进行信息表达。例如，字母A的二进制表示为01000001。

每个信号或数字脉冲称为一个位（bit）。八位串在一起（如字母A的二进制表示）称为字节（byte）。字节是数字通信的基本单位。每个字节传达一个完整信息，如字母A。

说明：数字通信类似于莫尔斯码或早期的电报系统：用某种脉冲模式表示字母表中的不同字母。

如果看看图1.3，则可以看出波形已经改变，不再是弧形自由波形，而是可预测的固定格式。

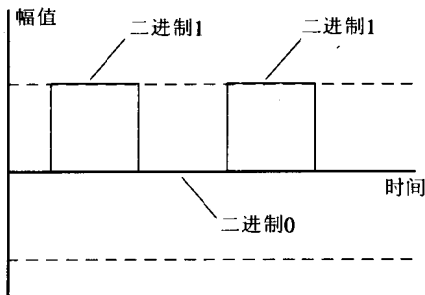


图1.3 数字传输随时间变化图形

由于这种波形是可预测的，取值之间的变化很大，因此更容易确定所传输的值。如图1.4所示，即使电路中有噪音，也能看出信号中哪个部分是1，哪个部分是0。

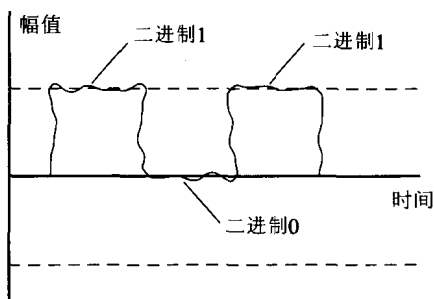


图1.4 噪音电路中的数字传输

这种简单格式使数字传输抗噪音，但也是其最大的缺点。ASCII字符A的信息可以用单个模拟波形或振动传输，而用对应数字或二进制传输则要八个单独的波形或振动（传输01000001）。尽管有这个缺点，但使用数字传输通常总是更有效。模拟线路要用更多开销检测和纠正噪音传输。因此大多数现代网络都使用数字传输。

说明：开销（overhead）是线路上为保证接收系统收到正确数据和数据不发生错误而必须传输的其他附加的信息量。通常，线路需要开销越多时，传输实际数据的可用的带宽越少。这就像货运中使用的包装。你并不需要那些泡沫塑料，但为了保证货物安全运输，必须使用这些泡沫塑料，从而占用了宝贵的空间。

数字传输的另一个优点是计算机用数字形式处理信息。如果用模拟通信从一台计算机向另一台计算机传输信息，则线路两端都要某种转换器（如modem或codex）将数字信号与模拟信号来回转换。

噪音源

噪音从哪来的呢？噪声可以分成两大类：

- 电磁干扰（EMI）
- 射频干扰（RFI）

电磁干扰（EMI）

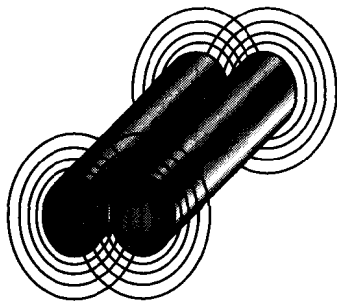
电磁干扰是使用模拟或数字通信等交流信号的电路产生的（称为交流或AC电路）。电磁干扰在电流恒定的线路（称为直流或DC线路）中不会产生。

例如，如果能切开来自汽车电池的线路，观察电路中移动的电子，则可以看到电路中传输恒定的电流（别试！）。电压值不变，可能保持在12伏。汽车电池是个直流电路的例子，因为电压值不变。

现在假设切开家用电灯的电线进行这个试验（别试！），则可以看到线路中的电压值随时间改变，取-120到+120伏之间的任何值。线路上的电压值是不断改变的。电压值随时间改变的波形类似于图1.1所示的模拟信号。

如果观察AC电路中的电子流，则可以发现一些有趣的现象。电压改变，电路上的电流改变，电子大部分集中在电线表面上，而线中心则几乎没有电子移动。如果提高电源频率，则电子更加从线中心移到线表面。这种效果类似于轮船航行时的水流情况，越靠近水面的水移动越快。

随着电源频率的增加，能量以与电流的方向呈90度角度的方向辐射出去。就像水流产生波形一样，电路能量也从电线中心移出去。这种辐射性与线路上的信号有直接关系。如果电压或频率增加，则辐射出的能量也增加（如图1.5）。



传导AC信号的铜线

图1.5 传输交流信号的导体辐射电磁干扰

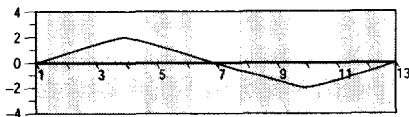
这种能量具有电磁属性，是电磁和变压器的工作基础。其缺点是电磁辐射可能使电信号转到附近的另一条线路上。这种干扰可能增加或减少现有信号，是个噪音。电磁干扰是局域网中最常见的干扰，白炽灯、网络连接和大型机械都可能产生电磁干扰。电磁干扰还会造成信号损失。以电磁干扰形式扩散的能量无法在线路上传递信号。

射频干扰 (RFI)

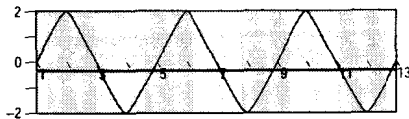
射频干扰在两个信号的属性相似时产生。波形可能合并，改变最终信号的频率或幅度。因此，地理位置相近的电台不用相近频率发射，否则两个电台中较弱的台无法被接收。

例如，看看图1.6中的图形1。假设这是两个系统之间的通信信号。假设图形2是线路中引入的射频干扰。这两个信号组合产生图形3。注意这与原先的信号差别很大，数据可能被误解。

图像1



图像2



图像3

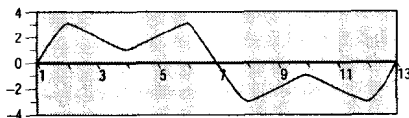


图1.6 射频干扰的效果

网络中最常见的射频干扰是由反射造成的。反射就是连接路径中的某个组件将信号反射回去。例如，线路中的不良接头可能将一些信号能量反射回到发射主机。因此，网络中所有端点不仅应能接收信号，而且还应吸收所有信号能量。

通信同步

通信中的另一个重要属性是让接收系统知道何时传输数据。如果接收系统无法确定传输的开始，则该系统可能把传输开头与传输中间混起来，模拟和数字通信都有这个问题。

分时

一种实现信号定时的方法是让系统进行通信同步，使每个系统在预定时间传输数据。例如，两个系统可以协商轮流用一秒发射，然后将控制传给对方（类似于人们谈话）。这种通信称为分时，因为允许传输的时间窗口在两个系统之间分割。

尽管这种协商简单直接，但有许多固有的缺点。第一，如果一个系统无话可说，则分配给它的时间段会浪费掉，另一系统要闲机等待传输更多的信息。另外，如果两个系统的时钟稍有不同，则最终可能失去同步，使两者的通信交织起来。最后，如果同一线路中增加更多系统，则要重新协商分时，但这样会大大减少这个电路中能及时传输的数据量。

分时通信尽管有一些弱点，但许多广域网（WAN）技术仍然相当有效地利用分时通信。这是因为WAN线路通常是在两个主机之间，从而不会有多个系统分时的问题。另外，分时以可预测方式分配带宽，是有效传输声音、影像等时间敏感数据的方式。

报头

要解决分时的扩充问题，许多网络技术用报头（preamble）通信：用一系列定义的通信脉冲告诉所有接收系统准备接收。

利用报头使网络中的系统能用更巧妙的方法进行通信，不必等待其时间槽的到达，而可以随时传输要传递的数据。报头保证所有系统能同步，在数据被发送的时间单位接收数据。这就像指挥家的节拍或鼓手的鼓点保证乐队成员同时开始第一个音符，保证乐队的同步。

由于系统只在需要传输数据时才发送报头，因此线路向需要的系统开放，避免了不合理的闲机时间。另外，保持较小的数据传输突发可以解决时间抖动造成的失去同步问题，因为系统之间可以在每次数据传输期间重新进行时间同步。

了解拓扑

网络拓扑是某个网络媒介中物理连接和通信的一组规则。确定连接网络系统的特定拓扑时，需要按照一组规则连接系统、使用接头类型和进行系统之间的相互交流。

拓扑分为两大类：

- 物理
- 逻辑

物理拓扑

物理拓扑指传输媒介的连接方法，可以分为四种：

- 总线
- 星形
- 环形
- 点对点

总线拓扑

总线拓扑是细缆网（Thinnet）连接的常见配置。连接到总线的系统按一系列连接类型连接。所有系统通过一个长电缆连接，并通过T形接头连接。图1.7显示了总线拓扑的例子。

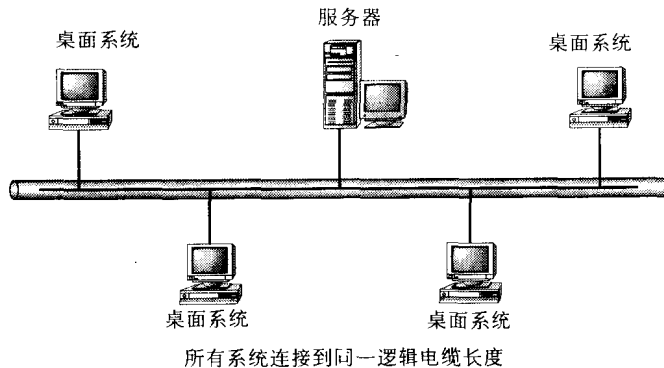


图1.7 总线拓扑的例子

星形拓扑

星形拓扑是双绞线连接的常见配置。每个系统连接到中央设备，如集线器或交换器。每个物理线只连接一个设备。这些集线器或交换器可以连接在一起，形成大型网络。图1.8显示了星形拓扑的例子。

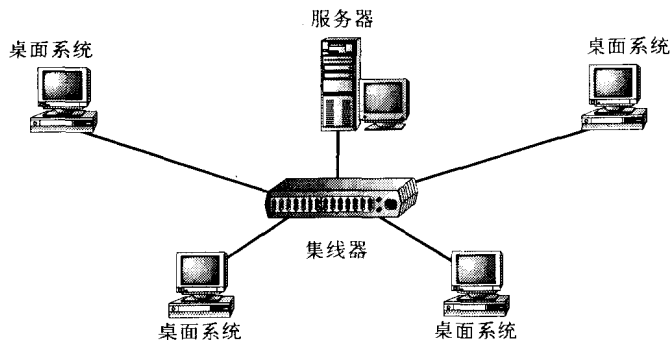


图1.8 星形拓扑的例子

环形拓扑

环形拓扑常用于基于令牌的通信，如FDDI。输出数据端（Tx表示发送）连接环形中下