

The Cisco logo is rendered in a large, white, serif font. The background of the cover features a dark, grid-like pattern with a faint image of a person working at a computer in an office setting. A large, stylized arrow shape, colored purple and yellow, points from the left towards the right, partially overlapping the title text.

Cisco

企业网快速构建 与排错手册

闫志刚 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TP393.62/2

Cisco 企业网快速构建与排错手册

闫志刚 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Cisco 企业网快速构建与排错手册/闫志刚编著. 北京: 人民邮电出版社, 2005.4

ISBN 7-115-13068-X

I.C... II.闫... III.计算机网络—技术手册 IV.TP393-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 012631 号

内 容 提 要

本书是一本专门介绍 Cisco 网络构建方面的技术图书。本书首先介绍了网络的基本技术及 Cisco 的网络产品, 并采用案例的形式介绍了如何选购 Cisco 的网络设备来构建不同的企业网络。然后, 分别对构成企业网络的 Cisco 的主要网络设备进行了有针对性的讲解, 这里主要采用案例的形式介绍如何有效地配置 Cisco 的交换机、路由器和防火墙产品, 接着通过具体的案例介绍了如何快速的构建一个典型的企业网络。接下来是对企业网络的管理和安全作了简要的介绍, 并通过一些例子来介绍企业网络安全方面的一些具体的配置。最后对在企业网络中如何进行故障排除作了简要的介绍。

本书包括了许多典型的案例, 涵盖了中小企业乃至大型企业常见的一些网络架构和详细的配置文档, 同时对国内常用的通信线路进行了相应的介绍。非常适合于负责企业网络建设的网络工程技术人员, 以及负责网络管理的管理人员使用。

Cisco 企业网快速构建与排错手册

◆ 编 著 闫志刚
责任编辑 王小明

◆ 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>
读者热线: 010-67129258
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 29.5
字数: 721 千字 2005 年 4 月第 1 版
印数: 1—3 500 册 2005 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13068-X/TN·2419

定价: 55.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

信息技术在过去的十几年里的发展是非常惊人的，曾经被认为是昂贵且复杂的许多网络设备，而今已被企业广泛采用，比如路由器、交换机、防火墙等，曾经被认为是大公司的专利，现如今几乎到处可见。所有这些都源于人们越来越意识到了网络的重要性，这也使得对熟练掌握配置、管理、诊断网络设备的人员的需求与日俱增。

虽然目前已有一些介绍网络技术及 Cisco 产品的比较优秀的书籍和培训资料，但这些书籍或培训资料多为“应试”型的教材，主要针对各种网络方面的认证（包括 Cisco 公司的职业和专业认证），书中许多配置也是根据美国的网络状况给出的，而针对国内具体的网络现状的书籍还很缺少，这就导致虽然有些人已经通过了 CCNA、CCNP 乃至 CCIE 认证，但在实际工作中调试一个简单的帧中继线路都会出问题，并不是他不具备这方面的知识，而是他获得的这些知识没有针对性。相比这些书籍，本书包括了许多典型的案例，涵盖了中小企业乃至大型企业常见的一些网络架构和详细的配置文档，同时对国内常用的通信线路进行了相应的介绍。相信对初涉网络行业以及在这个行业中工作的人会有很大的帮助，希望本书能够成为网络工程师的工作手册。

在本书的撰写过程中，我们始终采用任务驱动的方式来进行教学，也可以称为目标驱动的方式，因为我们在认知一个新事物时，往往是在遵循着一定的规律，也可以称为逻辑顺序，即“what-why-how”，那么我们就根据这一顺序来学习有关企业网的知识，首先我们解释什么是网络、网络通信的机制从而引出对企业网的解释以及企业网络的构成模块，然后我们介绍如何来构建一个成熟的企业网络，最后我们来学习如何管理一个企业网络，以及出现问题后如何来快速的处理。

作 者

2004.12 于北京

目 录

第 1 章 网络技术基础	1
1.1 简介	1
1.2 网络互联基础	3
1.3 OSI 和 TCP/IP 参考模型	5
1.3.1 为何要将通信协议进行分层	6
1.3.2 OSI 参考模型	6
1.3.3 TCP/IP 参考模型	10
1.4 局域网基础知识	12
1.5 广域网基础知识	13
1.6 小结	15
第 2 章 网络设备选购指南	16
2.1 交换机选购指南	16
2.2 路由器选购指南	19
2.3 防火墙选购指南	25
2.4 Cisco 交换机产品	28
2.4.1 Catalyst 2950 系列交换机	29
2.4.2 Catalyst 3550 系列交换机	31
2.4.3 Catalyst 3750 系列交换机	32
2.4.4 Catalyst 4500 系列交换机	35
2.4.5 Catalyst 6500 系列交换机	37
2.5 Cisco 路由器产品	41
2.5.1 Cisco 1700 系列路由器	41
2.5.2 Cisco 2600 系列路由器	44
2.5.3 Cisco 3600 系列路由器	46
2.5.4 Cisco 3700 系列路由器	48
2.5.5 Cisco 7200 系列路由器	50
2.5.6 Cisco 7500 系列路由器	57
2.5.7 Cisco 7600 系列路由器	60
2.5.8 Cisco 12000 系列路由器	61
2.6 Cisco 防火墙产品	61
2.6.1 Cisco PIX501 系列防火墙	62

2.6.2 Cisco PIX506E 系列防火墙	64
2.6.3 Cisco PIX515E 系列防火墙	65
2.6.4 Cisco PIX525 系列防火墙	66
2.6.5 Cisco PIX535 系列防火墙	68
2.7 小结	68
第 3 章 企业网组建	70
3.1 简介	70
3.2 典型企业网构成	70
3.3 企业内部局域网模块	71
3.3.1 超小型局域网	71
3.3.2 小型局域网	73
3.3.3 中大型局域网	75
3.4 企业广域网互联模块	80
3.5 企业 Internet 出口模块	90
3.6 小结	94
第 4 章 Cisco 交换机配置	95
4.1 概述	95
4.2 Cisco 交换机基础	95
4.3 Cisco 交换机配置	101
4.3.1 基本设置方式	101
4.3.2 IOS 和 SET 命令集介绍	104
4.3.3 IOS 命令状态	106
4.3.4 IOS 文件管理	107
4.3.5 IOS 常用命令	107
4.3.6 交换机基本配置模板	110
4.3.7 端口配置	111
4.3.8 VLAN 配置	117
4.4 Cisco 交换机经典配置案例	125
4.4.1 案例 1	125
4.4.2 案例 2	131
4.5 小结	142
第 5 章 Cisco 路由器配置	143
5.1 简介	143
5.2 Cisco 路由器基础	143
5.2.1 Cisco 路由器基本构成	144
5.2.2 基本设置方式	146
5.2.3 IOS 命令状态	150
5.2.4 IOS 文件管理	150
5.2.5 IOS 常用命令	151

5.2.6 路由器基本配置模板	153
5.3 广域网互联设置	154
5.3.1 电信网简介	154
5.3.2 数字数据网 (DDN)	157
5.3.3 帧中继 (Frame Relay)	168
5.3.4 数字电路	179
5.3.5 ISDN	197
5.3.6 PSTN	208
5.3.7 ADSL	218
5.4 路由协议设置	229
5.4.1 静态路由	232
5.4.2 RIP 协议	234
5.4.3 EIGRP 协议	235
5.4.4 OSPF 协议	236
5.4.5 BGP 协议	240
5.4.6 重新分配路由	240
5.5 访问控制和地址转换	242
5.5.1 访问控制	242
5.5.2 地址转换	246
5.6 Cisco 路由器经典配置案例	251
5.7 小结	269
第 6 章 Cisco 防火墙配置	270
6.1 简介	270
6.2 Cisco 防火墙基础	271
6.2.1 Cisco 防火墙基本构成	273
6.2.2 基本设置方式	274
6.2.3 PIX 命令状态	276
6.2.4 PIX 文件管理	276
6.2.5 PIX 常用配置命令	276
6.2.6 防火墙基本配置模板	279
6.3 Cisco 防火墙经典配置案例	282
6.4 小结	285
第 7 章 典型企业网构建案例	286
7.1 简介	286
7.2 小企业网络构建案例	286
7.2.1 案例 1	286
7.2.2 案例 2	291
7.3 中型企业网络构建案例	305
7.4 大型企业网络构建案例	336

7.5 小结	337
第8章 企业网维护管理	338
8.1 简介	338
8.1.1 网络管理的概念	338
8.1.2 网络管理的内容	339
8.2 文档管理	340
8.3 设备管理	341
8.4 Cisco 设备软件升级	341
8.4.1 Cisco 路由器软件升级或恢复	342
8.4.2 Cisco 交换机软件升级	358
8.4.3 Cisco 防火墙软件升级	367
8.5 Cisco 设备口令恢复	369
8.5.1 Cisco 路由器口令恢复	369
8.5.2 Cisco 交换机口令恢复	372
8.5.3 Cisco 防火墙口令恢复	374
8.6 SNMP 网管协议	375
8.7 小结	379
第9章 企业网安全配置	380
9.1 简介	380
9.2 企业网络安全风险分析	380
9.3 企业网络安全的部署	385
9.3.1 局域网模块	386
9.3.2 广域网模块	387
9.3.3 Internet 接入模块	388
9.4 企业网安全部署案例	389
9.4.1 网络设备通用安全设置	389
9.4.2 局域网模块	395
9.4.3 广域网模块	397
9.4.4 Internet 接入模块	399
9.5 小结	401
第10章 企业网故障诊断与排除	402
10.1 简介	402
10.2 系统化排错方法	402
10.3 分层排错思想	404
10.4 IP 排错工具	406
10.5 TCP/IP 连通性排错	413
10.6 链路层排错	415
10.6.1 局域网排错	415
10.6.2 广域网链路排错	417

10.7 网络层排错	428
10.8 Cisco 故障诊断和排除资源	429
10.9 企业网排错案例	435
10.10 小结	438
附录 A Cisco IOS 命名规范	439
附录 B 常用线缆介绍	444
附录 C Cisco 常用工具和链接	445
附录 D 通过 LED 灯查看 Cisco 交换机负载	460

第1章 网络技术基础

本章将涵盖下列有关网络基础方面的关键主题:

- 网络互连基础
- OSI/TCP/IP 参考模型
- 局域网基础知识
- 广域网基础知识

希望读者通过对本章的学习,能够对网络的一些基础知识有所了解,这些基础知识主要包括以下内容:

- (1) 什么是网络;
- (2) 常见的网络类型有哪些;
- (3) 常用的网络介质有哪些;
- (4) 为什么会对网络通信分层;
- (5) OSI 网络参考模型各层的主要功能;
- (6) TCP/IP 网络参考模型和 OSI 模型的对比;
- (7) TCP/IP 网络参考模型各层包括的主要协议 (V.24、V.35、HDLC、PPP、IP、UDP、TCP、RPC、NFS、JPEG、FTP、HTTP、Telnet);
- (8) 常见网络设备在 OSI 模型中的位置 (网卡、集线器、交换机、路由器);
- (9) 什么是局域网;
- (10) 局域网的设备有哪些;
- (11) 什么是广域网;
- (12) 广域网的设备有哪些。

1.1 简介

1. 什么是计算机网络

计算机网络是指将地理位置不同,具有独立功能的多个计算机系统用通信设备和线路连接起来,并借功能完善的网络软件(网络协议、网络操作系统等)实现资源共享的系统。计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。计算机网络的发展大致经历了具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统和计算机网络这3个阶段。

2. 计算机网络的分类

对于网络,有局域网、广域网、校园网、企业网、宽带网、无线网等很多种类,以下我们就对计算机网络的分类进行一个较为全面的介绍,以便对网络有一个整体上的认识。

(1) 按地理范围分类，可以分为局域网、广域网和城域网。

① 局域网 (Local Area Network, 简称 LAN)：局域网一般在几十米到几公里范围内，一个局域网可以容纳几台至几千台计算机。局域网具有如下特性：

a. 局域网分布于比较小的地理范围内。因为采用了不同传输能力的传输媒介，因此局域网的传输距离也不同。

b. 局域网往往用于某一群体，比如一个公司、一个单位、某一幢楼、某一学校等。

② 广域网 (Wide Area Network, 简称 WAN)：广域网是将分布各地的局域网络连接起来的网络，是“网间网”（网络之间的网络）。广域网具有如下特性：

a. 广域网的范围非常大，可以跨越国界、洲界，遍布全球范围。

b. 广域网是网络的公共部分，在我国广域网一般需租用电信部门的线路搭建而成。

③ 城域网 (Metropolis Area Network, 简称 MAN)：城域网是规模局限在一座城市的范围内的区域性网络。城域网的速度比广域网快，符合宽带趋势，因此现在发展很快。与局域网相比，城域网具有分布地理范围广的特点，一般来说，城域网的覆盖范围介于 10~100km 之间。

(2) 按网络拓扑结构分类，可以分为星形网络、环形网络和总线形网络结构。

网络的拓扑 (Topology) 结构是指网络中通信线路和节点 (计算机或设备) 的相互连接的几何形式。按照拓扑结构的不同，可以将网络分为星形网络、环形网络、总线形网络 3 种基本类型。在这 3 种类型的网络结构基础上，可以组合出树形网、网状网等其他类型拓扑结构的网络。

① 星形网络结构：在星形网络结构中各个计算机使用各自的线缆连接到网络中，因此如果一个节点出了问题，不会影响整个网络的运行，但相比其他两种结构，星形网络结构所消耗的传输介质的数量最大。星形网络结构是现在最常用的网络拓扑结构，其结构如图 1-1 所示。

② 环形网络结构：环形网络结构的各节点通过通信介质连成一个封闭的环形。环形网络容易安装和监控，但容量有限，网络建成后，难以增加新的站点。因此，现在组建局域网已经基本上不使用环形网络结构了。在电信的城域传输网中多采用环形结构，其结构图如图 1-2 所示。

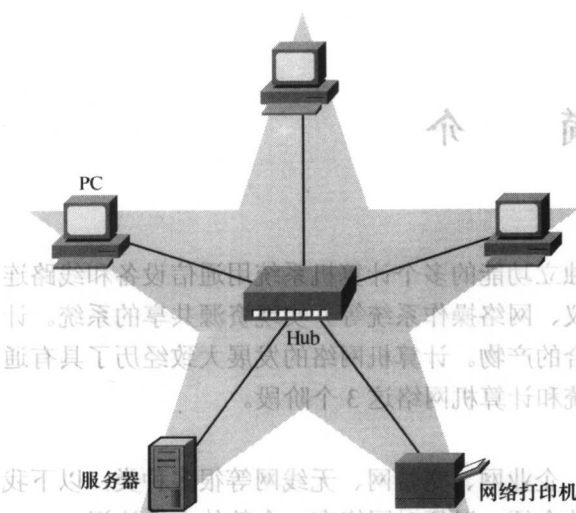


图 1-1 星形拓扑

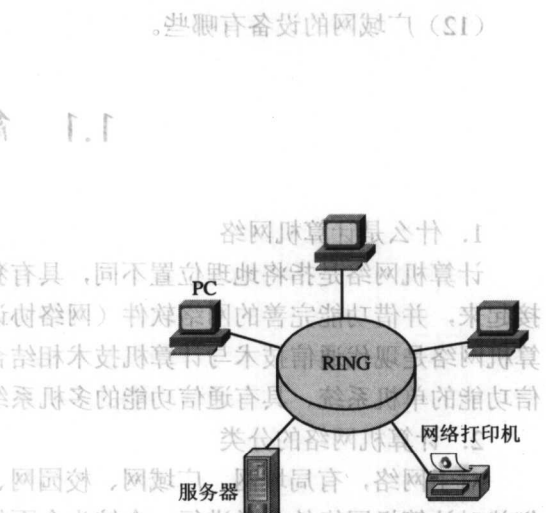


图 1-2 环形拓扑

③ 总线形网络结构：在总线形网络结构中所有的站点共享一条数据通道。总线形网络安装简单方便，需要铺设的电缆最短，成本低，某个站点的故障一般不会影响整个网络，但介质的故障会导致网络瘫痪。总线形网络安全性低，监控比较困难，增加新站点也不如星形网络容易。所以，总线形网络结构现在基本上已经被淘汰了。图 1-3 显示了总线形拓扑结构。

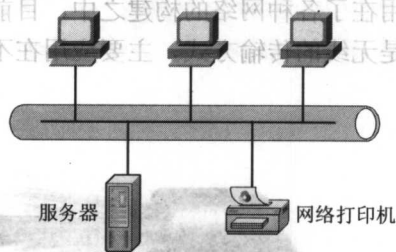


图 1-3 总线形拓扑

(3) 按传输介质分类，可以分为有线网络（同轴电缆、双绞线、光纤等）、无线网络（微波、红外线、无线电等电磁波）。

(4) 按服务对象分类，可以分为企业网、校园网等。

1.2 网络互联基础

一个网络是由各种各样的设备通过一定的规则组织而成，这一节我们首先来直观地认识一下这些设备，下一节我们再来介绍互连的规则（OSI 和 TCP/IP 模型）。

建设一个计算机网络，首先需要使用一些传输介质来传输数据。这些介质可以是铜线、光纤、微波及红外光束等。传输介质是网络中发送方与接收方之间的物理通路，它对网络数据通信的质量有很大的影响。常用的网络传输介质包括：双绞线、同轴电缆、光缆（光导纤维）和微波，如图 1-4~1-7 所示。



图 1-4 双绞线



图 1-5 同轴电缆

那么在建设网时我们应该如何来选择传输介质呢？

对于局域网来说，铜线是使用最多的网络传输介质。其中 5 类非屏蔽双绞线使用最为广泛；同轴电缆主要用在总线型的拓扑结构，目前基本已淘汰。光纤主要用在对传输速率和传输距离有较高要求的电信传输网络上，但随着计算机技术的飞速发展，新型的应用对传输速

率的要求越来越高，同时随着技术的进步，光纤的价格也逐渐走低，这样，光纤越来越广泛地应用在了各种网络的构建之中，目前大多数企业网络的主干都采用的是光纤连接。微波采用的是无线的传输方式，主要应用在不便布线的石油、地质、水利等行业中。



图 1-6 光纤

选择传输介质需要考虑的因素主要包括：传输带宽、传输距离、抗电磁干扰能力、抗衰减能力以及非常重要的价格。双绞线和光纤两种介质的对比见表 1-1。

表 1-1 介质对比		
	双 绞 线	光 纤
传输带宽	10、100、1000Mbit/s	10Mbit/s~几百 Gbit/s
最大传输距离	100m	几百米~几十公里
抗电磁干扰能力	弱	强
抗衰减能力	弱	强
价格	低	高

选择传输介质之后，在计算机上需要一个设备来将计算机上的数据转换为可在网络上传输的数据，这个重新组织数据的设备就是网卡（NIC）。网卡通常插在主机的总线扩展槽上，网络电缆同网卡相连，网卡实物如图 1-8 所示。

网卡提供了计算机与网络传输介质（铜线与光纤等）之间的连接。计算机总线上的数据是并行传输的，而网络介质上的数据是串行传输的，网卡来实现将数据从并行转换为串行或从串行转换为并行。

网卡有一个惟一的地址（MAC 地址），它驻留在每块网卡的 ROM 芯片里，这个地址用来惟一地识别此节点，交换机根据 MAC 地址进行数据转发，有关交换机的知识我们会在以后的章节进行介绍。



图 1-7 微波

图 1-8 网卡

在选择好传输介质和在计算机上安装了相应的网卡之后,还需要通过一些连接设备来将网络中的节点连接起来,并能扩展网络中的节点。在局域网络中最常用的连接设备是集线器(Hub)和交换机,如图 1-9 和 1-10 所示。低端的交换机和集线器外观没有太大区别,集线器属于物理层(OSI 和 TCP/IP 模型)的设备,它只是将电缆进行组织,并将信号中继到所有的连接设备上,所以又称为多端口中继。集线器所有端口连接的设备同处于一个碰撞域和广播域;而交换机是属于数据链路层(OSI 和 TCP/IP 模型)的设备,它是根据节点的 MAC 地址进行数据的交换,交换机的所有端口连接的设备同处于一个广播域,但每个端口属于一个碰撞域。



图 1-9 Hub

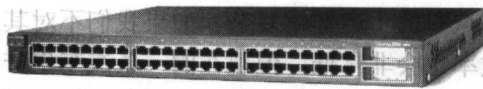


图 1-10 交换机

采用上面介绍的设备我们就可以组成一个局域网了。但随着微型计算机的普及以及网络应用的快速发展,在更大范围内实现相互通信和资源共享已成为必然,下面我们就来介绍广域网互联所必需的路由器设备,其实物图如图 1-12 所示。路由器是用来在多个网络和介质之间实现网络互联的一种设备,是一种比交换机更复杂的网络互联设备。它的主要功能可以拆分成“路由”部分和“交换”部分,“路由”部分负责为数据包进行选路(静态路由和动态路由),“交换”部分负责将数据包进行转发。路由器的每一端口都是一个单独的子网,每个端口属于一个广播域,因此路由器可以对广播进行隔离。



图 1-11 网络互连



图 1-12 路由器

1.3 OSI 和 TCP/IP 参考模型

在现实生活中人与人之间的交流(通信)需要语言(协议),只有说同样语言的人才能正常交流。在网络世界中,计算机之间的通信也是一样,它们必须遵守一些约定即通信协议,

只有采用相同协议的节点才可以相互通信。

由于节点之间的联系可能是很复杂的，因此，在制定协议时，一般是把复杂成分分解成一些简单的成分，再将它们复合起来。最常用的复合方式是层次方式，即上一层可以调用下一层，而与再下一层不发生关系。通信协议的分层是这样规定的：把用户应用程序作为最高层，把物理通信线路作为最低层，将其间的协议处理分为若干层，规定每层处理的任务，也规定每层的接口标准。

1.3.1 为何要将通信协议进行分层

将通信协议分层使得整个通信协议被分为许多相对独立的模块，这样有利于实现标准化，从而降低开发和学习的复杂性，同时也有利于通信的排错。这就好比制造业的生产线一样，比如汽车的生产非常复杂，如果我们不对其进行模块（工序）划分，生产汽车那将非常困难，效率也会非常低，但现在的一条汽车生产线往往划分为非常多的工序，每道工序只承担非常单一的任务（比如上螺丝），这样每道工序需要的技能比较单一，效率可以大幅度地提高，同时如果出错也很容易定位和解决。

1.3.2 OSI 参考模型

由于世界各大型计算机厂商推出各自的网络体系结构，因而国际标准化组织 ISO 于 1978 年提出“开放系统互连参考模型”，即著名的 OSI（Open System Interconnection）参考模型。它将计算机网络体系结构的通信协议规定为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层共七层，这受到计算机界和通信业的极大关注。1984 年该模型成为了网络通信的国际标准，作为解释网络上数据从一个节点传递到另一节点的概念框架。

OSI 模型是一种从概念上分层的框架，用于讨论和理解实际网络中所使用的协议栈。目前应用最广的协议栈 TCP/IP 以及 AppleTalk 和 IPX/SPX 都可以和 OSI 模型栈中的各层协议相参照，这样有助于了解它们的工作机制。

OSI 模型对网络通信中许多非常重要的事件提出了规范，对各种网络处理过程提出了基本规则：

（1）数据如何翻译成与网络结构相适应的格式。当我们发一封电子邮件或一个文件给另一台计算机时，其实是在与电子邮件客户端或 FTP 客户端之类的应用程序打交道。通过这种应用程序所传送的数据必须以一种更一般的格式才能送到网络上并到达接收者。

（2）PC 以及其他网络设备如何建立彼此通信。从 PC 上发送数据时，必须有一种机制能在发送方与接收方之间建立通信，这和我们拿起电话打电话很相似。

（3）数据在设备之间如何发送以及如何进行排序和错误检测。当计算机之间建立起了会话通信后，必须有相应规则来控制如何在它们之间传递数据。

（4）信息包的逻辑地址如何转化为网络提供的实际物理地址。计算机网络会使用诸如 IP 地址之类的逻辑地址，而这些地址必须转化为网卡中的实际硬件地址（MAC 地址）。

OSI 模型提供了上述所讨论的各种机制和规则。理解 OSI 模型的各层不仅有助于洞察各种实际的网络协议，也可以通过各种概念化的框架更好地理解诸如集线器、交换机以及路由器等各种复杂的网络设备。

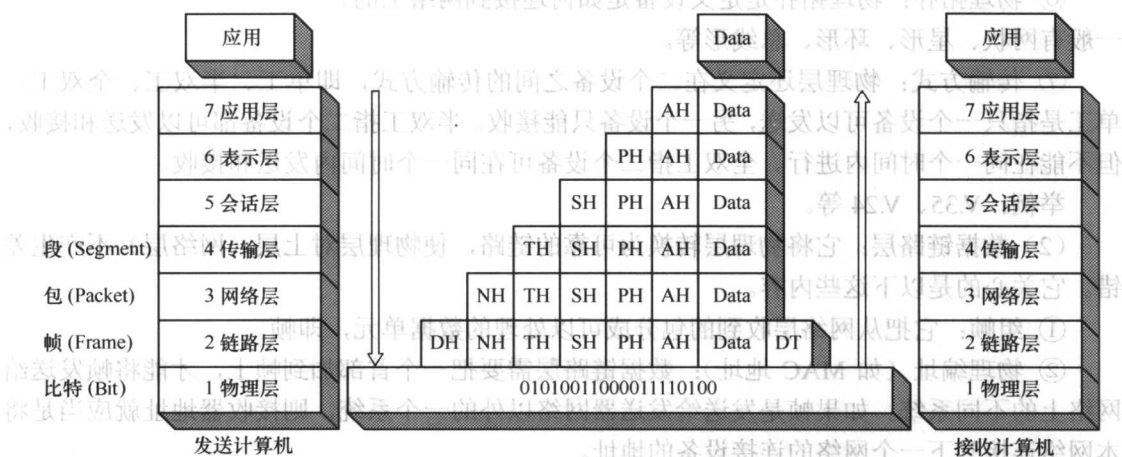
在我们讨论协议栈中的每一层之前，我们有必要来看一看数据在 OSI 模型中运动时到底

发生了什么事情，比如，一个用户准备将一封电子邮件发给网络上的另一个用户。发邮件的用户首先要利用电子邮件的客户端程序（比如 Outlook 或 Foxmail）作为编辑邮件信息并发送的界面工具，这项工作发生在应用层。当数据离开应用层后（此层会将一个头信息附加到数据包上），它将穿过 OSI 协议栈的各层，每层会分别提供一部分与建立通信链接相关的信息，并对数据进行一定的格式加工。

无论每层的功能如何，它都会将头信息附加在数据上（物理层除外），即在第 6、5、4、3、2 层要给数据加上首部，尾部则在第 2 层才加上。数据最终到达发送方计算机的物理层（即真正连接计算机的网络介质，如双绞线和光纤等），并在物理介质上传输到其终点，即接收方的计算机上。

接收方计算机的物理层首先接收到数据，然后以和发送方相反的顺序遍历 OSI 协议栈，数据每经过一层，相应层的头信息和尾部就被从数据上剥掉，当数据最终到达应用层时，接收方将用他的电子邮件客户端程序（如 Outlook 或 Foxmail）来阅读发来的邮件信息。

OSI 对等通信模型如图 1-13 所示。



注：AH、PH、SH、TH、NH、DH：分别表示应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层的数据包头。DT表示数据链路层的包尾。

图 1-13 OSI 对等通信模型

在发送设备和接收设备中数据和信息通过各层向上传送之所以是可能的，是因为在各层每二个相邻层之间有一个接口。每一个接口定义了一个层必须向其上层提供什么信息和服务。定义清楚的接口和层功能使得网络可以模块化。

下面我们就对 OSI 模型（如图 1-14 所示）中的各层进行详细的介绍。

第 1~3 层可视为网络支持层，其功能是在物理方面将数据从一个设备传送到另一个设备。第 5~7 层可以看成是用户支持层，这些层使得一些相关的软件系统有了互操作性，它是用软件来实现的。第 4 层是传输层，它将上面两个组链接起来，使得低层所发送的是高层可使用的形式。在七层参考模型中的各个层之间的关系为服务关系，每一层均接收来自与其相邻的下一层的服务，同时为与其相邻的上层提供服务功能。大量的数据通过分割和各层的封装（在上一层的数据单元上加上本层的数据包头或尾），在传输层形成段（Segment）、在网络层形成包（Packet）、在数据链路层形成帧（Frame）、在物理层以二进制位（Bit）传输。

(1) 物理层：最重要的一点，在物理媒体中传送的是比特流，物理层规定的是以下一些内容。

① 接口和媒体的物理特性：定义在设备与传输媒体之间接口的特性，它还定义传输媒体的类型。

② 比特的表示：数据由比特组成（0 和 1 的序列），比特必须经过编码变成信号（电或光），物理层定义编码的类型，即 0 和 1 怎样变成信号。

③ 数据速率：传输速率（即每秒发送的比特数）也在物理层定义。

④ 比特的同步：发送器和接收器不仅要使用同样的比特速率，而且还要在比特级进行同步，即二者的时钟必须是同步的。

⑤ 线路配置：在点对点配置中，二个设备通过专用链路连接在一起，在多点配置中，若干个设备共享一条链路。

⑥ 物理拓扑：物理拓扑是定义设备是如何连接到网络上的。一般有网状、星形、环形、总线形等。

⑦ 传输方式：物理层还定义在二个设备之间的传输方式，即单工、半双工、全双工。单工是指只有一个设备可以发送，另一个设备只能接收。半双工指二个设备都可以发送和接收，但不能在同一个时间内进行。全双工指二个设备可在同一个时间内发送和接收。

举例：V.35、V.24 等。

(2) 数据链路层：它将物理层转换为可靠的链路，使物理层对上层（网络层）不产生差错。它关心的是以下这些内容。

① 组帧：它把从网络层收到的包分成可以处理的数据单元，即帧。

② 物理编址（如 MAC 地址）：数据链路层需要把一个首部加到帧上，才能将帧发送给网络上的不同系统。如果帧是发送给发送器网络以外的一个系统，则接收器地址就应当是为本网络连接到的下一个网络的连接设备的地址。

③ 流控制：如果接收器接收数据的速率小于发送器产生数据的速率，那么数据链路层就应该使用流控制预防接收器超负荷运转。

④ 差错控制：此层增加了一些措施来检测和重传受损伤的帧或丢失的帧，它还有防止出现重复帧的机制，差错控制通常是在帧的最后加一个尾部来实现的。

⑤ 接入控制：当 2 个或更多个设备连接到同一条链路时，数据链路层就必须在任意指定的时刻决定哪一个设备对链路有控制权。

举例：HDLC、PPP 等。

(3) 网络层：该层负责将一个分组从源站发送到目的站，这可能要跨越多个网络。数据链路层监督在同一个链路（网络）上的两个系统之间分组的交付，而网络层则是确保每一个分组能够从其起点到达目的地。它关心的是以下这些内容。

① 逻辑编址（如 IP 地址）：由数据链路层实现的物理编址在本地处理寻址问题，当穿越两个以上网络时，就需要对从上层来的分组增加一个首部，来帮助我们区分源系统和目的系统，其中包括发送器和接收器的逻辑地址。

② 路由选择：当许多独立的网络或链路互连在一起组成互连网络时，这些连接设备（叫做

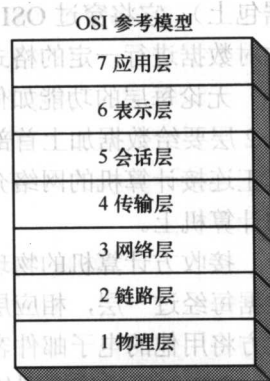


图 1-14 OSI 模型