



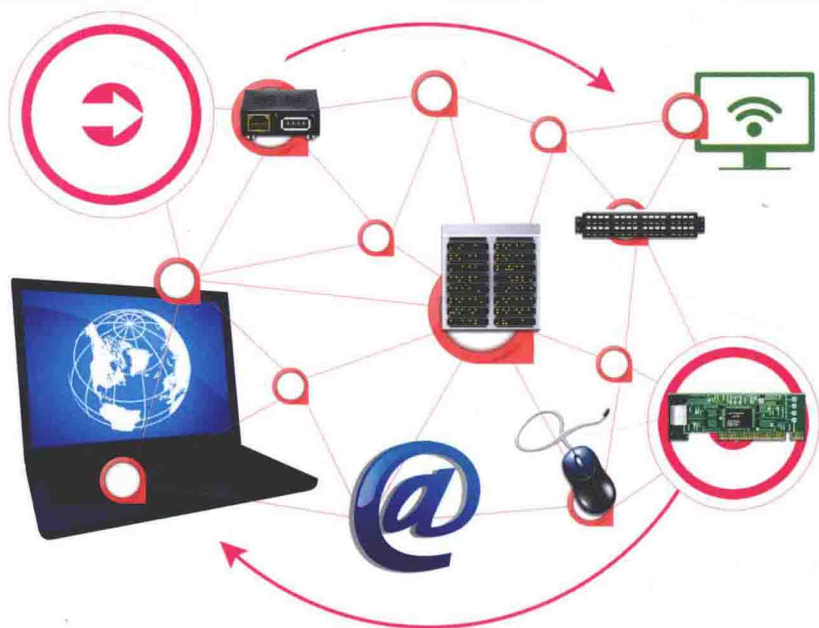
计算机“十二五”规划教材

# 网络设备配置与管理

WANGLUO SHEBEI PEIZHI YU GUANLI



主编 吕小刚 马武飏 程勇兵



航空工业出版社

计算机“十二五”规划教材

# 网络设备配置与管理

主编 吕小刚 马武飏 程勇兵



航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

网络设备配置与管理是计算机网络技术的基础与核心,本书基于 Cisco Packet Tracer 实验平台,按照系统、实用、易学、易用的原则介绍了交换机和路由器两大网络设备配置与管理的基础知识和操作方法,内容涵盖了网络基础知识、交换机的基本配置、利用虚拟局域网(VLAN)划分网络、交换式网络的优化设计、路由器的基本配置、静态路由和动态路由、访问控制列表(ACL)、网络地址转换(NAT)、广域网、网络设备管理等。

本书以案例为引导,同时又兼顾学习的系统性,可作为高等院校,中、高等职业技术学院,以及各类计算机教育培训机构专用教材,也可供广大初、中级网络爱好者自学使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

网络设备配置与管理 / 吕小刚, 马武飏, 程勇兵主编. — 北京: 航空工业出版社, 2015.5  
ISBN 978-7-5165-0795-7

I. ①网… II. ①吕… ②马… ③程… III. ①网络设备—配置—教材②网络设备—设备管理—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 110297 号

## 网络设备配置与管理 Wangluo Shebei Peizhi Yu Guanli

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京时捷印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2015 年 5 月第 1 版

2015 年 5 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 13.25

字数: 306 千字

印数: 1—5000

定价: 32.00 元



随着云计算、物联网、人工智能等技术的不断发展，计算机网络已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。在计算机网络中，网络设备是不可或缺的，掌握网络设备的配置与管理方法，对学习计算机网络技术起着至关重要的作用。

为了帮助各院校和培训机构的教师系统地教授这门课程，同时也为了帮助学生和广大网络爱好者快速了解并掌握网络设备的配置与管理方法，我们在充分了解各院校及培训机构教学、实验要求的基础上，结合作者多年的工作经历与教学经验编写了本书。

## 本书特色

作为一本对操作性要求较高的教材，评价其好坏的标准应该有知识内容和案例设计两个方面。作为一本好的教材，首先，知识内容应该安排合理，体例新颖，概念准确，语言精炼，讲解通俗易懂；其次，案例应该丰富、实用，操作过程条理清晰、图文并茂。具体来说，本书具有以下几个特点。

- **体例新颖，安排合理，易教易学：**本书按照“项目描述—学习目标—预备知识—项目实施—项目实训—项目总结—项目考核”的思路编排每个项目。在讲解各项目内容时，首先通过“项目描述”引导学生了解本项目将要实现的案例要求，然后通过“学习目标”和“预备知识”学习实现案例所需要的相关知识，接着通过“项目实施”让学生完成“项目描述”中提出的案例，并通过“项目实训”让学生练习并巩固所学知识，最后在每个项目的末尾还安排了“项目总结”和“项目考核”，让学生进一步巩固和深化练习本项目所学内容。
- **概念准确，语言精炼，通俗易懂：**本书在讲解知识点时，力求做到概念准确，语言精炼，通俗易懂。在“预备知识”部分，对于一些较难理解的功能，以小案例的形式进行详细讲解。
- **案例丰富，针对性强，图文并茂：**本书的案例主要分为三类：课堂案例、项目实施案例和项目实训案例。其中，课堂案例针对当前讲解的内容，具有操作简单、针对性强等特点，目的是加强学生对当前知识点的理解；项目实施案例针对本项目所有内容，具有系统性强、专业性强等特点，目的是提高学生的综合应用能力；项目实训案例目的是帮助学生加深对所学知识的理解，并能举一反三，增强实战能力。
- **案例实用，学以致用，符合岗位需要：**本书精心挑选与实际应用紧密相关的知

识点和案例，并配以详细、条理清晰的操作过程。在学完本书后，读者可以马上在实践中应用所学知识和技能。

### 本书读者对象

本书可作为高等院校，中、高等职业技术学院，以及各类计算机教育培训机构的专用教材，也可供广大初、中级网络爱好者自学使用。

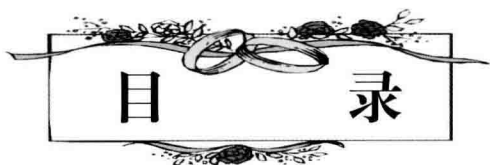
### 本书教学资源

为方便教师上课和学生学习，本书在 Cisco Packet Tracer 模拟器中制作好了所有案例需要的网络拓素材，并针对当前要讲解的知识点设置好了部分参数，只让教师或学生操作与所讲解知识点相关的内容。此外，本书还配有制作精美的教学课件，读者可从网站 (<http://www.bjjqe.com>) 下载这些教学资源。

### 本书创作队伍

本书由吕小刚、马武飏、程勇兵担任主编，曾羽、叶宝银、洪晓艺、伍绍佳、蔡红梅、王文静担任副主编，罗玉琴、武龙、王伟华参与编写。由于编者水平有限，加之时间仓促，且计算机网络技术发展日新月异，尽管我们在编写本书时已竭尽全力，但不妥之处在所难免，恳请各位读者批评指正。另外，如果读者在学习中有疑问，可登录网站 (<http://www.bjjqe.com>) 寻求帮助，我们将会及时解答。

编者  
2015年4月



# 目 录

项目一 网络基础知识 .....	1
项目描述 .....	1
学习目标 .....	1
预备知识 .....	2
一、OSI 参考模型 .....	2
二、TCP/IP 参考模型 .....	7
项目实施 .....	9
一、使用 Cisco Packet Tracer 模拟器 .....	9
二、制作网线 .....	12
项目实训 .....	16
项目总结 .....	17
项目考核 .....	17
项目二 交换机的基本配置 .....	19
项目描述 .....	19
学习目标 .....	20
预备知识 .....	20
一、交换机的分类和工作原理 .....	20
二、交换机的初始配置 .....	21
三、交换机常用基本配置命令 .....	31
项目实施——组建小型办公网络 .....	33
项目实训 .....	36
项目总结 .....	37
项目考核 .....	38
项目三 利用虚拟局域网 (VLAN) 划分网络 .....	40
项目描述 .....	40
学习目标 .....	41

预备知识	41
一、VLAN 概述	41
二、单台交换机实现 VLAN	43
三、跨交换机实现 VLAN	45
四、利用 VTP 管理 VLAN	48
五、使用三层交换机实现 VLAN 间的通信	51
六、使用单臂路由实现 VLAN 间的通信	55
项目实施——将北京总公司网络划分为多个 VLAN	57
项目实训	62
一、划分 VLAN 并使用三层交换机实现 VLAN 间通信	62
二、划分 VLAN 并使用单臂路由实现 VLAN 间通信	63
项目总结	65
项目考核	65
项目四 交换式网络的优化设计	67
项目描述	67
学习目标	68
预备知识	68
一、冗余技术	68
二、生成树协议 (STP)	71
三、生成树的配置	76
四、端口聚合	81
五、端口安全	84
项目实施——优化北京总公司管理区网络	88
项目实训	92
项目总结	93
项目考核	94
项目五 静态路由和动态路由	96
项目描述	96
学习目标	97
预备知识	97
一、路由器基础知识	97
二、IP 地址和子网掩码	99
三、路由器的基本配置	104
四、静态路由	109

五、动态路由	115
项目实施——实现用户对内网服务器和 Internet 的访问	124
一、使用静态路由	124
二、使用动态路由	129
项目实训	131
项目总结	132
项目考核	133
项目六 访问控制列表 (ACL)	136
项目描述	136
学习目标	137
预备知识	137
一、访问控制列表基础知识	137
二、标准 ACL	139
三、扩展 ACL	143
项目实施——限制用户对内网服务器的访问	145
项目实训	146
项目总结	148
项目考核	149
项目七 网络地址转换 (NAT)	151
项目描述	151
学习目标	152
预备知识	152
一、NAT 基本知识	152
二、静态 NAT	154
三、动态 NAT	158
四、端口多路复用 (PAT) 技术	160
项目实施——使用一个公网地址访问 Internet	162
项目实训	164
项目总结	166
项目考核	166
项目八 广域网	168
项目描述	168
学习目标	169



预备知识	169
一、广域网基本知识	169
二、点到点（PPP）	170
三、帧中继	175
项目实施——通过广域网连接总公司和分公司	184
项目实训	188
项目总结	189
项目考核	189
项目九 网络设备管理	191
项目描述	191
学习目标	192
预备知识	192
一、认识路由器 IOS	192
二、备份/恢复/升级路由器 IOS	193
三、恢复路由器 IOS 密码	195
四、Secure Shell（SSH）	197
项目实施——管理上海分公司的网络设备	198
项目总结	202
项目考核	203

# 项目一

## 网络基础知识

### 项目描述

#### 项目说明

当前,计算机网络的应用越来越广泛。如何配置和管理计算机网络中的设备,使计算机网络为用户提供高效、快捷的服务,已成为一项重要的工作。

由于交换机和路由器工作在计算机网络体系结构的底层,其工作原理与计算机网络体系结构密切相关,因此,在学习交换机和路由器的具体配置和管理操作前,有必要先了解一下计算机网络体系结构各层的作用和工作方式。

此外,交换机和路由器的配置和管理是实践性很强的操作,但是,基于学习环境的限制,不可能有那么多合适的设备供我们去学习和操作。为此,Cisco公司发布了一款好用的网络模拟器 Cisco Packet Tracer,它为网络初学者提供了一个设计、配置网络和排除网络故障的模拟环境,使网络初学者只需一台电脑,便能完成与真实的网络配置和管理一样的操作。

本项目中,我们就来学习网络体系结构,并掌握 Cisco Packet Tracer 模拟器的使用和网线制作方法,从而为后面的学习打下良好的基础。

#### 项目任务

- (1) 使用 Cisco Packet Tracer 模拟器构建网络拓扑。
- (2) 制作网线。

### 学习目标

- ◆ 了解 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型的分层及各层的功能
- ◆ 掌握 Cisco Packet Tracer 模拟器的使用方法

## 预备知识

### 一、OSI 参考模型

#### (一) 网络体系结构和 OSI 参考模型

计算机网络是一个庞大且复杂的系统。在这样的系统中实现开放式数据通信，需要一定的标准来保证各系统之间可以相互通信和协调工作。网络体系结构就是为计算机网络硬件、软件、协议、存取控制和拓扑等提供标准的。

在 20 世纪 70 年代，计算机网络发展很快，相继出现了十多种网络体系结构，但这些网络体系结构构成的网络之间无法实现互联。为了在更大范围内共享网络资源和相互通信，人们迫切需要一个共同的标准，使得不同厂家的软硬件资源和设备都能够互联。为此，国际标准化组织（ISO）在综合了已有的计算机网络体系结构的基础上，于 1984 年制定了著名的开放式系统互联参考模型，简称 OSI。现在，OSI 已成为国际标准的网络体系结构。

OSI 参考模型将网络通信按功能分为 7 个层次，并定义了各层的功能、层与层之间的关系、相同层次的两端如何通信等，如图 1-1 所示。软、硬件厂商可根据此标准开发其产品，以便与其他厂商的产品互相通信。例如，物理层定义了硬件的接口技术标准，硬件开发者可以据此开发符合此层标准的网络硬件产品。

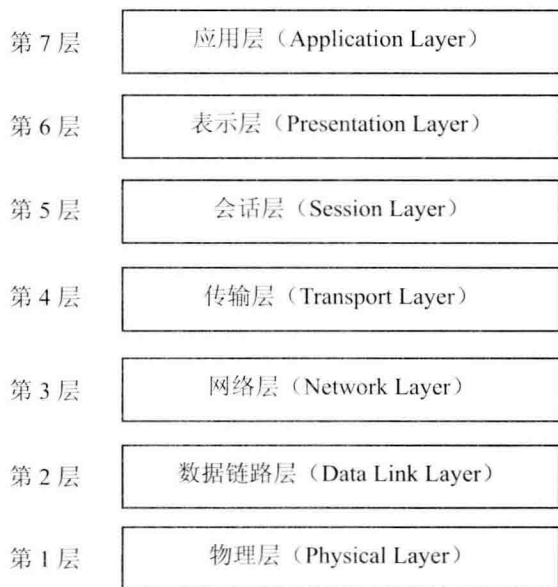


图 1-1 OSI 参考模型

## (二) OSI 参考模型各层的功能

OSI 参考模型将网络通信过程划分为 7 个相互独立的层,不同的层在网络通信中的作用不同。其中,上面 3 层(应用层、表示层、会话层)与网络应用有关,而下面 4 层(传输层、网络层、数据链路层、物理层)则主要进行网络控制和数据传输/接收问题。相邻的两层之间,下层为上层提供服务,上层使用下层提供的服务。

### (1) 物理层

物理层位于 OSI 参考模型的第一层,它为通信提供物理链路,使二进制数据流(比特流)从一台设备传到另一台设备。物理层定义了网络硬件接口的电气特性、机械特性以及其他功能。例如,机械特性规定了物理连接时所使用可接插连接器的形状和尺寸,连接器中引脚的数量与排列情况等;电气特性规定了在物理信道上传输比特流时信号电平的大小、数据的编码方式(如多少伏特的电压代表 1,多少伏特的电压代表 0)和传输速率等。

工作在物理层下的设备包括集线器、中继器和网线等。



大家知道,计算机网络中传输的是由“0”和“1”构成的二进制数据,但是在实际的电路中,铜缆(双绞线等铜质电缆)网线中传递的是脉冲电流,这就是物理层传输的东西。物理层的数据传输单位为比特(bit),即一个二进制位(“0”或“1”)。

### (2) 数据链路层

数据链路层位于 OSI 参考模型的第二层,其作用主要是负责将由物理层传来的数据封装成数据帧(Frame),负责帧在计算机之间进行无差错的传输。

具体来说,数据链路层的功能如下:

- 链路管理:链路管理就是进行数据链路的建立、维护和拆除。在链路两端的节点进行通信前,必须首先确认对方已处于就绪状态,并交换一些必要的信息以对帧序列进行初始化,然后再建立链路连接。此外,在传输过程中要维持该连接,传输完毕后要拆除该连接。
- 帧同步:为了使传输过程中发生差错后只将有错的有限数据进行重发,数据链路层将比特流封装成帧进行传送。每个帧除了要传送的数据外,还包括校验码以使接收方能发现传输中的差错。
- 流量控制:为防止传输数据的双方速度不匹配或接收方没有足够的接收缓存而导致数据拥塞或溢出,数据链路层必须采取一定的措施使通信网络中的链路上的信息流量不超过某一限制值,即发送端发送的数据要能使接收端来得及接收。当接收方来不及接收时,必须及时控制发送方发送数据的速率。
- 差错控制:为了保证数据传输的正确性,在计算机通信中通常采用检错反馈重发方式,即接收方每收到一帧便检查帧中是否有错,一旦有错,就让发送方重发该

帧，直至正确接收为止。

- **透明传输**：不管所传数据是什么样的比特组合，都应当能够在链路上传送。例如，当所传输的数据中的比特组合恰巧与某一个控制信息完全一样时，必须采取适当的措施，使接收方不会将这样的数据误认为是某种控制信息。
- **寻址**：保证每一帧被送到正确的地方，接收方也要知道发送方是谁。

### 提示

在发送端，数据链路层把网络层传下来的数据封装成帧，然后发送到链路上去；在接收端，数据链路层把收到的帧中的数据取出并交给网络层。不同的数据链路层协议封装的帧不同，如 PPP 协议封装的是 PPP 帧、以太网协议封装的是以太网帧等。

帧一般包括帧头、数据部分和帧尾 3 部分。其中，帧头和帧尾包含一些必要的控制信息，如同步信息、地址信息、差错控制信息等；数据部分则包含网络层传下来的数据，如 IP 数据包。

地址信息包括计算机的源物理地址（MAC）和目标物理地址（MAC）等。MAC 地址的作用是将网络节点相互区分。例如，当一台主机发送的帧传至交换机后，交换机将识别其中的地址信息，然后将帧转发到目的地址。

数据链路层分为 MAC 和 LLC 两个子层。MAC（介质访问控制）子层的功能包括数据帧的封装/卸装，帧的寻址和识别，帧的接收与发送，链路的管理，帧的差错控制等；LLC（逻辑链路层控制）子层负责为上层提供服务，如从上层接收包并发送到 MAC 层。

工作在数据链路层的设备包括二层交换机、网桥等。此外，网卡既工作在物理层，也工作在数据链路层，负责传输介质之间的物理连接，帧的发送与接收、封装与拆封等。

### (3) 网络层

网络层位于 OSI 参考模型的第三层，用于为两个不同网络或网段之间计算机建立通信。对于由多个网络组成的网际网来说，网络中的计算机除了有一个物理地址外，还应有一个逻辑地址（如 IP 地址）来区别不同网络中的计算机。网络层的主要作用是整个网络中的计算机进行编址（为信息确定地址），把逻辑地址翻译成物理地址，并自动根据地址找出位于不同网络中的计算机之间传输数据的最佳通路（称为路由选择）。

网络层的传输单位是分组或包（Packet），TCP/IP 协议中的 IP 属于这一层的定义范围。

### 提示

在网络发送方系统中，数据从传输层到达网络层时，传输层将报文分为多个数据块，并在这些数据块的头部加上一些控制信息（如源 IP 地址和目标 IP 地址），就构成了分组，即组成了包；在接收方系统中，数据从数据链路层到达网络层时，需要将各分组原来加上的控制信息拆掉（即拆包），组合成报文，传送给传输层。

工作在网络层的设备主要有路由器和三层交换机。

#### (4) 传输层

传输层位于 OSI 参考模型的第四层，它是网络中资源子网与通信子网的桥梁，是 OSI 的整个协议层次的核心，主要作用是在源主机和目的主机之间提供可靠的端对端通信，如连接管理、流量控制、差错检查与恢复等。传输层传输信息的基本单位是报文 (Message)，TCP/IP 协议中的 TCP 就属于这一层定义的范围。

#### 提示

这里的流量控制是指端到端的流量控制，即在一个主机没有收到确认之前最多能够向另一个主机发送多少信息量。数据链路层也有流量控制功能，但它进行的是点到点的流量控制（两个节点之间），而传输层进行的是端到端的流量控制（两个用户主机之间），可用于网络拥塞的控制。

同样，传输层中进行的差错检查也是端到端的，与数据链路层中进行的差错检查不同。例如，数据链路层无法确保中间节点（如路由器）处理分组时不出错，这时只有通过端到端的差错检测来控制。

#### (5) 会话层

所谓会话，是指两个用户之间为交换信息而按照某种规则建立的一次暂时联系。会话可以使一个远程终端登录到远地的计算机进行文件传输或其他应用。会话层位于 OSI 参考模型面向应用层的最下层，它的功能主要是建立、管理和终止两个主机之间的会话关系，并负责数据的传送。例如，两 endpoint 在正式通信前，需要协商好双方所使用的通信协议、通信方式（全双工或半双工）、如何纠错及复原，以及如何结束通信等内容。

#### (6) 表示层

表示层位于 OSI 参考模型的第六层，该层主要用于解决因各种系统使用不同数据格式而导致无法相互通信的问题，使一个系统应用层发出的信息可以被另一个系统的应用层读取。表示层所提供的服务包含数据语法的转换、传送语法的选择等。

#### (7) 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层，它是计算机网络与应用程序间的接口，使应用程序能够向用户提供网络服务。在应用层中包含了各种各样的协议，这些协议大部分是直接面向用户，如 HTTP, FTP, DNS, Telnet, DHCP, SMTP 和 POP3 等。

### (三) 数据的封装与解封

在网络通信过程中，为了确保数据能够被顺利、准确地传送到目的地，需要 OSI 参考模型各层对数据进行相应的处理。以主机 A 向主机 B 传输数据为例（见图 1-2），数据在通过主机 A 各层时，每层都会为上层传来的数据加上一个信息头或尾（作为主机 B 的

对等层处理数据的依据), 然后向下层发送, 这个过程可以理解为各层对数据的封装。

当经过层层封装的数据最终通过传输介质传输到主机 B 后, 主机 B 的每一层再对数据进行相应的处理(自下而上), 把信息头或尾去掉, 最后还原成实际的数据, 即执行主机 A 的逆过程, 这个过程可以理解为对数据的拆封或解封。

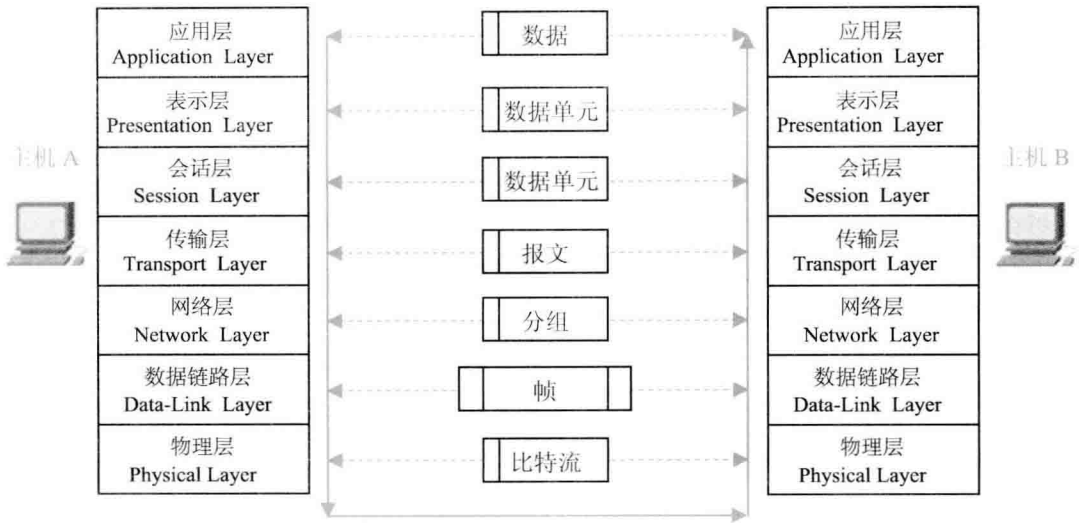


图 1-2 数据的封装与解封过程

**提示**

在物理上, 数据在发送端主机各层中是从上向下封装, 最后通过传输介质到达对方主机, 再在接收端主机各层中从下向上解封; 但是在逻辑上, 发送端和接收端每一层只负责处理每一层的事情, 并不需要关心其他层的具体的事情。

下面通过发送和接收电子邮件的例子, 说明在 OSI 参考模型中传输数据的具体过程。

- (1) 在某台电脑上写好电子邮件后, 提出发送邮件到远程邮件服务器的请求, 应用层会识别该请求, 并将请求传输到表示层。
- (2) 表示层判断是否要对数据格式进行转换及如何转换等, 然后在数据中加入相应的代码信息, 并将请求传递到会话层。
- (3) 会话层接收到表示层发过来的请求后, 给该请求添加一个数据标记符, 指示用户有权限传输数据(可以建立会话), 然后将数据传输到传输层。
- (4) 在传输层, 数据被分割成若干数据段, 并在每个数据段的头部加上 TCP 报头(包含源端和目标端的端口号, 以实现端到端的连接和通信), 然后将封装好的数据传输到网络层。在传输层中封装好的数据被称为报文(Message)。
- (5) 网络层为数据添加逻辑地址信息, 即在 TCP 报头前添加 IP 报头(包含数据包的

原逻辑地址和目标逻辑地址), 这时我们称该数据为数据包或分组 (Packet)。

(6) 数据包达到数据链路层后, 先进入 LLC 子层加上 LLC 头部, 然后进入 MAC 子层加上 MAC 头部和一个 FCS 尾部。数据包在数据链路层中会被封装成帧。

(7) 数据帧被传输到物理层后, 物理层不添加任何信息, 把数据帧发送到传输介质并以比特流的形式传输。

(8) 当数据达到另一端服务器的物理层时, 反向执行上述过程。

## 二、TCP/IP 参考模型

尽管 OSI 参考模型在理论上比较完整, 但由于其设计过于复杂, 完全符合各层协议的商用产品很少, 无法满足用户的需要。目前流行的网络体系结构是 TCP/IP 参考模型, 它已成为计算机网络体系结构事实上的标准, Internet 就是基于 TCP/IP 参考模型建立的。

TCP/IP 参考模型包含 4 个功能层, 由下往上依次为: 网络接口层、网络层、传输层和应用层, 每一层负责不同的通信功能。TCP/IP 参考模型的分层与 OSI 参考模型的分层不同, 它的分层更加注重互联设备间的数据传输。但是, OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型的分层有一个大致的对应关系, 如图 1-3 所示。

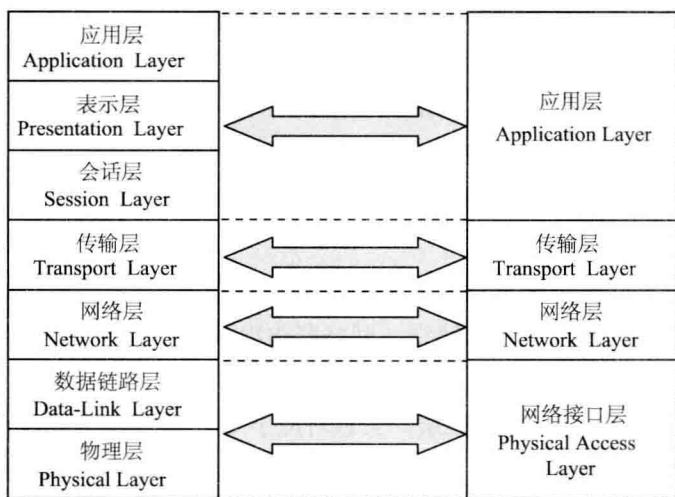


图 1-3 OSI 参考模型和 TCP/IP 协议的层次对应关系

### 提示

TCP/IP 参考模型由多个协议构成, 其中最重要的两个协议是 TCP(传输控制协议, 工作在传输层) 和 IP(网际协议, 工作在网络层)。

#### (1) 网络接口层

网络接口层相当于 OSI 参考模型中的物理层和数据链路层, 它在发送端将网络层传来



的 IP 数据报封装成帧后发送到网络上；数据帧通过网络到达接收端时，接收端的网络接口层对数据帧进行拆封，抽出 IP 数据报并交给网络层。

网络接口层中包括各种物理网络协议，如 Ethernet（以太网）、Frame Relay（帧中继）和 X.25（分组交换网）等。

### （2）网络层

网络层位于 TCP/IP 模型的第二层，大致对应于 OSI 参考模型的网络层。网络层的主要功能是负责数据的封装（将数据封装成 IP 数据报）、寻址、路由和控制。

#### 提示

IP 数据报由首部和数据两部分组成，其中首部包括源 IP 地址和目标 IP 地址等。

网络层的主要协议有 4 个：IP（网际协议）、ARP（地址解析协议）、RARP（反向地址解析协议）和 ICMP（网际控制报文协议），其中最核心的是 IP 协议。

- **IP 协议：**主要负责将 IP 数据报从源主机通过最佳路径转发到目标主机。IP 协议通过对每个数据报的源 IP 地址和目的 IP 地址进行分析，然后进行路由选择（即选择一条到达目标的最佳路径），最后将数据转发到目的地。需要注意的是：IP 协议只是负责对数据进行转发，并不对数据进行检查。也就是说，它不负责数据的可靠性，这样设计的主要目的是提高 IP 协议传送和转发数据的效率。
- **ARP 协议：**主要负责将 TCP/IP 网络中的 IP 地址解析和转换成计算机的物理地址，以便于物理设备（如网卡）按该地址来接收数据。
- **RARP 协议：**该协议的作用与 ARP 的作用相反，它主要负责将设备的物理地址解析和转换成 IP 地址。
- **ICMP 协议：**该协议主要负责发送和传递包含控制信息的数据报。这些控制信息包括哪台计算机出了什么错误、网络路由出现了什么错误等内容。

### （3）传输层

传输层位于 TCP/IP 模型的第三层，大致对应于 OSI 参考模型的传输层。它的主要功能是提供端对端的数据传输服务。传输层包含两个主要协议——TCP（传输控制协议）和 UDP（用户数据报协议）。其中，TCP 协议是一种可靠的、面向连接的协议，具有流量控制、协调收发双方的发送与接收速度等功能，能提供准确的数据传输服务；UDP 是一种不可靠、无连接的协议，其特点是简单、效率高，但是不能保证传输是否正确。

### （4）应用层

应用层位于 TCP/IP 模型的最高层，大致对应于 OSI 参考模型的应用层、表示层和会话层。它主要为用户提供多种网络应用程序，如电子邮件、远程登录等。

常用的应用层协议有：FTP（文件传输协议）、TFTP（简单文件传输协议）、SMTP（简单邮件传输协议）、DNS（域名解析服务）和 HTTP（超文本传输协议）等。