



计算机网络技术专业职业教育新课改教程

交换机与路由器 配置实验教程

张世勇 主编

任务驱动: 全书采用任务驱动式的编写方法, 对小而琐碎的知识点, 以实例引导的方式进行讲解

贴近生活: 书中加入人们生活中实际的案例, 使学生养成学在身边, 用之在手的习惯

创业故事: 书中选择了一些网络创业案例, 开拓学生的视野, 培养学生的创业精神

前沿探讨: 书中适量加入了对网络前沿技术的涉猎与探讨, 激发学生新的思路



双色印刷



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

计算机网络技术专业职业教育新课改教程

交换机与路由器配置 实验教程

主 编 张世勇

副主编 李 阳 胡元蓉

参 编 李 刚 付 伟 牛晨光 陈 颖

主 审 元玉祥 孔志宏



机械工业出版社

本书深入研究了交换机与路由器仿真软件 Dynamips, 在这个软件的基础上精心设计了 28 个实训实验项目, 通过实训和实验, 让学生在没有任何物理网络实验设备的条件下, 仅用一台计算机就可以完成几乎所有的路由器交换机网络实验。

本书主要内容包括网络基础知识、交换机与路由器的各种配置、综合实验、交换机与路由器配置命令总结, 附录中列出了 Dynamips GUI 使用说明。

为方便教师和学生更好地使用本书, 本书附有配套资源包, 其中包括实训项目手册、实验报告模板、电子课件、电子教案以及 Dynamips 模拟软件。读者可到机械工业出版社 (www.cmpedu.com) 上以教师身份免费注册下载, 或联系编辑 (010-88379194) 咨询。

本书可以作为各类职业学校计算机专业、网络专业、通信专业网络课程的实验教材, 也可供从事计算机网络设计、建设、管理、应用的技术人员在没有完整网络设备时的实验参考, 还可作为考生考思科认证时的实验搭建参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

交换机与路由器配置实验教程/张世勇主编. —北京: 机械工业出版社, 2011.12

计算机网络技术专业职业教育新课改教程

ISBN 978-7-111-36654-6

I. ①交… II. ①张… III. ①计算机网络—信息交换机—职业教育—教材
②计算机网络—路由器—职业教育—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 247597 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 梁 伟 责任编辑: 蔡 岩 责任校对: 闫玥红

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 杨 曦

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12 印张·286 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-36654-6

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言 Preface

目前计算机网络类教材有很多，但专门针对职业院校的学生开发的实验教材还不多。

大部分学校都没有足够的网络实验设备（交换机、路由器等）来支持交换机与路由器配置实验课。网络课往往理论内容过多，学生不能通过实验来真正掌握网络交换机与路由器的配置命令。

本教材深入研究了交换机与路由器仿真软件 Dynamips，在这个软件的基础上精心设计了 28 个实训实验项目，通过实训和实验，让学生在没有任何物理网络实验设备的条件下，仅用一台计算机就可以完成几乎所有的交换机与路由器的配置网络实验。

Dynamips 能够虚拟交换机与路由器的功能，虽然在性能上和真实的交换机与路由器相比尚有差距，但不会影响到我们将其作为一个研究和学习网络技术的强大工具。世界各地有很多人正在利用它来准备 CCNA/CCNP/CCIE 考试。对于最高端的 CCIE（Cisco Certified Internet Expert，思科认证 Internet 专家）考试，通常所需设备动辄以十万元计。而这个仿真软件几乎可以实现所有的思科考试实验。

当前以国家技能大赛为引导的职业教育的教学发展前景广阔，即使某些学校有一些网络设备，也远远不能满足全体计算机专业的学生的教学和实验要求，如果能够很好地利用优秀的仿真软件，往往可以收到良好的效果。

在一些高职院校，学生的自学和实验也受到很多困扰，如果能随意搭建网络实验平台，就可以非常好地熟练掌握网络设备的使用和命令操作以完成实验，为实际工作打下良好的基础。

本书没有在理论上做更多的讲解，这也正切合了职业学校学生的特点。他们的动手能力强于记忆能力。如果让他们先建立某种概念，用理论指导实践，他们往往不感兴趣或无所适从，而让他们先动手操作，尤其比照例子进行实验，然后自己创造实验，研究出结果，会激发求知欲，并真正学到操作技巧。最后再在老师的指导下总结归纳，形成对概念和知识的理解。

本书主要章节包括：

第 1 章：网络基础知识。本章对网络相关基础知识概念进行了分析和精辟的讲解。

第 2 章：交换机与路由器基本配置。本章是对交换机与路由器的基本命令和各种模式进行介绍，是进行下一步实验的基础。

第 3、4 章：交换机基本配置和实验及路由器基本配置和实验。本章是对交换机和路由器的基本命令进行讲解，主要包括在交换机上的 VLAN 配置，在路由器上的静态路由配置。

第 5、6 章：交换机高级配置和实验及路由器高级配置和实验。本章是对交换机和路由器的更复杂的命令加以介绍，包括在三层交换机上的 VLAN 间路由，在路由器上的动态路

由和 NAT、PAT 的配置。

第 7 章：安全配置实验。本章是针对网络安全进行的配置实验。

第 8、9 章：交换机与路由器综合实验和交换机与路由器配置命令总结，供学生学完全书内容进行综合实验和翻阅各种命令，总结学习。

书中的部分命令加了下划线，其作用是为提醒和强调，实际录入命令时是不必加下划线的。

附录为 Dynamips GUI 使用说明。附录中的内容非常重要，是学习本书的基础，可以结合第 2 章内容放在实验训练之前讲解。

为方便读者更好地学习，本书还附有配套资源包，其中包括实训项目手册、实验报告模板、电子教案、电子课件以及 Dynamips 模拟软件。

本书可以作为各类职业学校计算机专业、网络专业、通信专业的网络课程的实验教材，也可以供从事计算机网络设计、建设、管理、应用的技术人员在没有完整网络设备时的实验参考，可以供考生考试思科认证时的实验搭建参考。

本书由张世勇任主编。具体分工是：第 1 章由付伟编写。第 2、3 章由牛晨光编写。第 4 章由李刚编写。第 5、6 章由李阳、胡元蓉编写。第 7、8 章和附录由张世勇编写。第 9 章和实训项目手册以及实验报告模板等由陈颖编写。全书由张世勇负责统稿。

元玉祥和孔志宏对本书进行了审阅，他们提出了很多宝贵的意见和建议。在本书编写过程中，邢济慈、张旭、冯金为整个书的文字录入和实验验证做了大量的工作，在此一并深表感谢。

由于编者水平有限，本书错漏之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

前言

第 1 章 网络基础知识	1	1.8.4 交换机	21
1.1 计算机网络的概念	1	1.8.5 路由器	23
1.2 计算机网络的功能	1	第 2 章 交换机与路由器基本配置	25
1.2.1 数据通信	1	2.1 连接操作	25
1.2.2 资源共享	1	2.2 路由器交换机的命令行模式	27
1.2.3 提高系统的可靠性	1	2.2.1 用户模式 (User mode)	27
1.2.4 分布式网络处理和负载均衡	1	2.2.2 特权模式 (Privilege mode)	28
1.3 TCP/IP 五层参考模型	2	2.2.3 全局配置模式 (Global configuration mode)	28
1.3.1 物理层	2	2.2.4 接口模式 (Interface mode)	28
1.3.2 数据链路层	4	2.2.5 Vlan 模式	28
1.3.3 网络层	5	2.2.6 接口范围模式	29
1.3.4 传输层	5	2.2.7 线路配置模式	29
1.3.5 应用层	6	2.3 实验 1——路由器交换机的 基本配置命令	31
1.3.6 分层模型的应用	7	2.3.1 实验概述	31
1.4 IP 地址	8	2.3.2 实验规划	31
1.4.1 重要概念: IP 地址	8	2.3.3 实验步骤	31
1.4.2 二进制	9	2.4 实验 2——路由器交换机的初始化 对话过程	37
1.5 子网掩码	10	第 3 章 交换机基本配置和实验	42
1.5.1 子网掩码的定义	10	3.1 实验 1——交换机基本连接以及通信	42
1.5.2 子网掩码的作用	10	3.1.1 实验概述	42
1.5.3 相关重要概念	11	3.1.2 实验规划	42
1.6 子网划分	13	3.2 实验 2——在同一交换机划分 不同网段	43
1.7 IP 地址相关	16	3.3 实验 3——基于端口划分 Vlan	43
1.7.1 特殊的 IP 地址	16	3.3.1 实验概述	43
1.7.2 私有 IP 地址	16	3.3.2 实验规划	43
1.7.3 静态和动态 IP 地址	17	3.3.3 实验步骤	44
1.7.4 IP 地址、MAC 地址绑定	17	3.3.4 结果总结	47
1.8 网络接入设备	18		
1.8.1 网络中的计算机	18		
1.8.2 网卡	18		
1.8.3 集线器	20		

3.4 实验 4——多交换机之间 Vlan 的设置47	5.2 实验 2——利用三层交换机实现 Vlan 间的通信 (Vlan 间路由实验 1) ...68
3.4.1 实验概述.....47	5.2.1 实验概述.....68
3.4.2 实验规划.....48	5.2.2 实验规划.....69
3.4.3 实验步骤.....48	5.2.3 实验步骤.....70
3.4.4 结果总结.....50	5.2.4 结果总结.....71
3.5 实验 5——设管理 IP 和 telnet 密码.....50	5.3 实验 3——利用三层交换机实现 Vlan 间的通信 (Vlan 间路由实验 2) ...72
3.5.1 实验概述.....51	5.3.1 实验概述.....72
3.5.2 实验规划.....51	5.3.2 实验规划.....72
3.5.3 实验步骤.....51	5.3.3 实验步骤.....73
3.5.4 结果总结.....51	5.3.4 结果总结.....76
第 4 章 路由器基本配置和实验.....53	5.4 实验 4——链路聚合.....77
4.1 实验 1——路由器的基本配置.....53	5.4.1 实验概述.....77
4.1.1 实验概述.....53	5.4.2 实验规划.....77
4.1.2 实验规划.....53	5.4.3 实验步骤.....77
4.1.3 实验步骤.....54	5.4.4 结果总结.....79
4.1.4 结果总结.....54	第 6 章 路由器高级配置和实验.....80
4.2 实验 2——两台路由器的静态路由.....55	6.1 实验 1——动态路由之 RIP 协议.....80
4.2.1 实验概述.....55	6.1.1 实验概述.....80
4.2.2 实验规划.....56	6.1.2 实验规划.....81
4.2.3 实验步骤.....57	6.1.3 实验步骤.....81
4.2.4 结果总结.....58	6.1.4 结果总结.....85
4.3 实验 3——三台路由器的静态路由.....60	6.2 实验 2——动态路由之 OSPF 协议.....86
4.3.1 实验概述.....60	6.2.1 实验概述.....86
4.3.2 实验规划.....60	6.2.2 实验规划.....87
4.3.3 实验步骤.....61	6.2.3 实验步骤.....87
4.3.4 结果总结.....63	6.2.4 结果总结.....89
4.4 实验 4——默认路由.....64	6.3 实验 3——静态 NAT.....90
4.4.1 实验概述.....64	6.3.1 实验概述.....91
4.4.2 实验规划.....64	6.3.2 实验规划.....91
4.4.3 实验步骤.....65	6.3.3 实验步骤.....92
4.4.4 结果总结.....65	6.3.4 结果总结.....93
第 5 章 交换机高级配置和实验.....67	6.4 实验 4——动态 NAT.....95
5.1 实验 1——升级到三层交换机接口.....67	6.4.1 实验概述.....95
5.1.1 实验概述.....67	6.4.2 实验规划.....96
5.1.2 实验规划.....67	6.4.3 实验步骤.....97
5.1.3 实验步骤.....67	6.4.4 结果总结.....98
5.1.4 结果总结.....68	

6.5 实验 5——PAT	98	第 8 章 交换机与路由器综合实验	125
6.5.1 实验概述	99	8.1 综合实验 1	126
6.5.2 实验规划	100	8.1.1 实验概述	126
6.5.3 实验步骤	100	8.1.2 实验需求	126
6.5.4 结果总结	102	8.1.3 拓扑编址	126
第 7 章 安全配置实验	103	8.1.4 实验步骤	127
7.1 实验 1——交换机端口安全	103	8.2 综合实验 2	131
7.1.1 实验概述	103	8.2.1 实验概述	131
7.1.2 实验规划	106	8.2.2 实验需求	131
7.1.3 实验步骤	107	8.2.3 拓扑编址	132
7.1.4 结果总结	107	8.2.4 实验步骤	132
7.2 实验 2——标准 IP 访问控制列表	108	8.3 综合实验 3	137
7.2.1 实验概述	108	8.3.1 实验概述	137
7.2.2 实验规划	109	8.3.2 实验需求	138
7.2.3 实验步骤	110	8.3.3 拓扑编址	138
7.2.4 结果总结	110	8.3.4 实验步骤	139
7.3 实验 3——扩展 IP 访问控制列表	112	8.4 综合实验 4	144
7.3.1 实验概述	112	8.4.1 实验概述	144
7.3.2 实验规划	113	8.4.2 实验需求	144
7.3.3 实验步骤	114	8.4.3 拓扑编址	144
7.3.4 结果总结	115	8.4.4 实验步骤	145
7.4 实验 4——命名访问控制列表	116	第 9 章 交换机与路由器配置命令总结	149
7.4.1 实验概述	116	9.1 各种模式	149
7.4.2 实验规划	117	9.2 交换机与路由器基本配置	150
7.4.3 实验步骤	118	9.3 交换机及 VLAN 的配置	151
7.4.4 结果总结	119	9.4 路由器的配置	153
7.5 实验 5——基于时间的 IP 访问 控制列表	119	附录 A Dynamips GUI 使用说明	159
7.5.1 实验概述	119	A.1 Dynamips 概述	159
7.5.2 实验规划	121	A.2 Dynamips 的安装和使用	160
7.5.3 实验步骤	122	A.3 Dynamips 进阶	176
7.5.4 结果总结	124	参考文献	183

第 1 章

网络基础知识

1.1 计算机网络的概念

计算机网络就是把分布在不同地理区域的计算机或专门的外部设备（如手机）用通信线路（包括有线和无线的线路）互连成一个规模大、功能强的系统，从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息，共享硬件、软件、数据信息等资源。简单来说，计算机网络就是由通信线路互相连接的许多自主工作的计算机构成的集合体。

1.2 计算机网络的功能

1.2.1 数据通信

数据通信指的是：通过通信线路使计算机之间产生的一种信息交换方式。根据传输媒介的不同，分为有线数据通信和无线数据通信。

优势：比传统方法更高效更节省资源。

1.2.2 资源共享

共享就是大家一起享用。资源就是我们需要共享的硬件（打印机、磁盘等）或者软件（程序、电影等）。

优势：共享资源的目的是避免重复的投资和劳动，从而提升资源的利用率，使系统的整体性能价格比得到提高。

1.2.3 提高系统的可靠性

在一个系统内，单个部件和计算机的暂时失效必须通过替换资源的办法来维持系统的持续运行。但在计算机网络中，各种资源可以分别存放在多个地点，而用户可以通过多种途径来访问网络内部的每个资源。

优势：避免了单点失效对用户造成的影响。

1.2.4 分布式网络处理和负载均衡

分布式指的是：在分布式计算机操作系统支持下，互连的计算机可以互相协调工作，

把多个分散节点的工作站通过网络连接成为一个整体，共同完成一项任务。也可以解释成：采用分布式计算结构，可以把原来系统内中央处理器处理的任务分散给相应的处理器，实现不同功能的各个处理器相互协调，共享系统的外设与软件。这样就加快了系统的处理速度，简化了主机的逻辑结构。

而负载均衡是说：把多台计算机连接成网络后，各个计算机之间的忙闲程度是不均匀的，在同一网络内可以通过协同操作和并行处理提高整个系统的处理能力，使网络内各个计算机实现负载均衡。

1.3 TCP/IP 五层参考模型

考虑一个实际工作中的问题：小张参加工作，来到一个新的工作岗位并使用了一台陌生的计算机后，发现不能连接公司的 FTP 服务器。遇到这样的问题应该如何解决？按照什么方式和顺序解决？

计算机网络是个非常复杂的系统。相互通信的两个计算机必须高度协调工作才行，而这种协调是相当复杂的。为了设计这样复杂的计算机网络，早在计算机网络设计早期就提出了分层的方法。

分层的好处有很多：

- 1) “分层”可将庞大而复杂的问题，转化为较小的问题，较小的问题比较容易研究和处理。
- 2) 灵活性好。当任何一层发生变化时，只要层间接口关系保持不变，在这一层以外的各层都不会受到影响。如果负责通信的模块进行了改进，则不需要同时修改文件格式转换模块。
- 3) 结构上可分割。各层都可以采用最合适的技术来实现，有利于以后进行升级。
- 4) 易于实现和维护。这种结构使得实现和调试一个庞大而复杂的系统变得更易于处理，因为整个系统已经被分解为若干个相对独立的子系统。
- 5) 能促进标准化工作。因为每一层的功能都已有精确的说明。

比较著名的分层模型有国际标准化组织 ISO 提出的 OSI 七层参考模型。OSI 七层参考模型在实际中并没有得到实现，而 TCP/IP 模型是目前在实际中使用得最多的模型，也是研究的重点。

TCP/IP 协议是一个集合，严格的称呼应该是 TCP/IP 协议族，TCP/IP 协议族在计算机网络中的发展令人吃惊，它已经成为 Internet 的基础。

要想让两台计算机进行通信，必须使它们采用相同的信息交换规则，协议就是双方必须共同遵守的规则。两台计算机之间进行通信必须遵守 TCP/IP。

打个简单的比方：例如想要给朋友写信，作为通信的双方，必须使用相同的语言，使用相同的书信格式，否则对方可能读不懂信的内容。

TCP/IP 模型目前是五层参考模型，如图 1-1 所示。

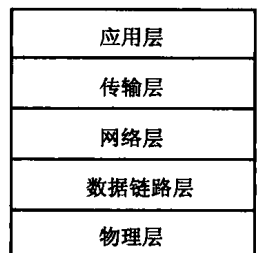


图 1-1 TCP/IP 五层模型结构

1.3.1 物理层

物理层 (Physical Layer) 也称为一层，这一层的处理单位是比特 (bit)，它的主要功

能是完成相邻节点之间比特 (bit) 的传输。

物理层的主要作用是：

- 1) 为设备之间的数据通信提供传输媒介和互联设备，为数据传输提供可靠的环境。
- 2) 提供足够的宽带，满足点到点、一点到多点等的数据传输。

物理层的主要任务可以描述为确定与传输媒体的接口的一些特性：

- 1) 机械特性：指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等。这很像平时常见的各种规格电源插头的尺寸都有严格的规定。
- 2) 电气特性：指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。
- 3) 功能特性：指明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义。
- 4) 规程特性：指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

物理层协议的典型例子有：网卡上用的 RJ-45 规范、电话上用的 RJ-11 规范等。实际工作中包括了网卡、网线、综合布线系统等把计算机连接起来的物理特征。

1. 相关概念

bit：也称为“位”，可以用小写字母 b 表示。

比特流：bit/s (位每秒)，表示每秒传输多少位。

Byte：也称为“字节”，是计算机 CPU 处理的最小数据单位，用大写字母 B 表示。

在默认情况下 8bit=1B，在有的计算机系统中 1B 长度不一定就是 8bit，所以数据传输单位是 bit 而不是 Byte。

2. 相关设备：集线器

关于网络连接交叉线和直通线的线序、制作等内容，本书不再详细介绍，这些内容在“网络综合布线”等课程进行讲解。

仅仅在此把交叉线、直通线的基本要点列举一下：

1) 网线的两种标准：

① EIA/TIA 568A 标准。

网线的排序为：绿白 绿 橙白 蓝 蓝白 橙 棕白 棕。

② EIA/TIA 568B 标准。

网线的排序为：橙白 橙 绿白 蓝 蓝白 绿 棕白 棕。

2) 直通线的两头，要么都是 EIA/TIA 568A 标准，要么都是 EIA/TIA 568B 标准，即两头的排序是一样的。默认两头都是 568B。

3) 交叉线的两头，一头是 EIA/TIA 568A 标准，另外一头是 EIA/TIA 568B 标准。EIA/TIA 568A 标准和 EIA/TIA 568B 标准的差别就是 8 根网线中的 1 和 3、2 和 6 互换一下。

4) 同种设备用交叉，异种设备用直通。路由器、PC 属于同种设备，交换机和路由器属于异种设备。

例如：使用直通线的情况：路由器和交换机、交换机和 PC。

使用交叉线的情况：路由器和路由器、路由器和 PC、PC 之间、交换机之间。

5) 需要特别注意的是：现在市场上很多路由器和交换机都具有端口 MDI/MDI-X 自动识别功能。具有端口自动识别功能的设备和其他任何类型的设备互连，都可以随意用直通线或交叉线，而不一定按照规则。但是 PC 之间连接必须用交叉线。

1.3.2 数据链路层

数据链路层 (Data Link Layer) 也称二层, 这一层的处理单位是帧 (Frame)。数据链路层的主要功能是: 负责对物理层数据添加物理地址信息和必要的控制信息等, 形成帧, 并在传输路上进行无差错的传送。

数据链路层寻址采用的是物理地址, 在常见的以太网中指的是 MAC 地址。MAC 地址是固化在网卡上面的, 全球唯一的, 用 48 位二进制数标识的地址。

1. 重要概念: 物理地址 (MAC 地址)

硬件物理地址 (MAC 地址): MAC 地址是固化 (烧录) 在网卡里的, 也叫硬件地址, 是由 48 位 (6 字节, 一个字节=8 位) 二进制的数字组成。

如: 44-4A-53-54-00-00 (十六进制表示)。48 位二进制数转换为十六进制时是每 4 位转换成一个十六进制字符的。所以 $48/4=12$ 个十六进制字符, 同时 8 位二进制数代表一个字节, 这样我们看到的 MAC 地址正好是 6 段。

也就是说, 在网络底层的物理传输过程中, 是通过物理地址来识别主机的, 它一般也是全球唯一的。

2. 如何获得本机 MAC 地址

一般是单击“开始”→“运行”, 在“运行栏”中输入“cmd”。

然后在弹出的 cmd.exe 命令提示符窗口, 会出现命令提示符: “C:\Documents and Settings\Administrator>”。

在提示符后面输入“ipconfig/all”命令, 如图 1-2 所示。

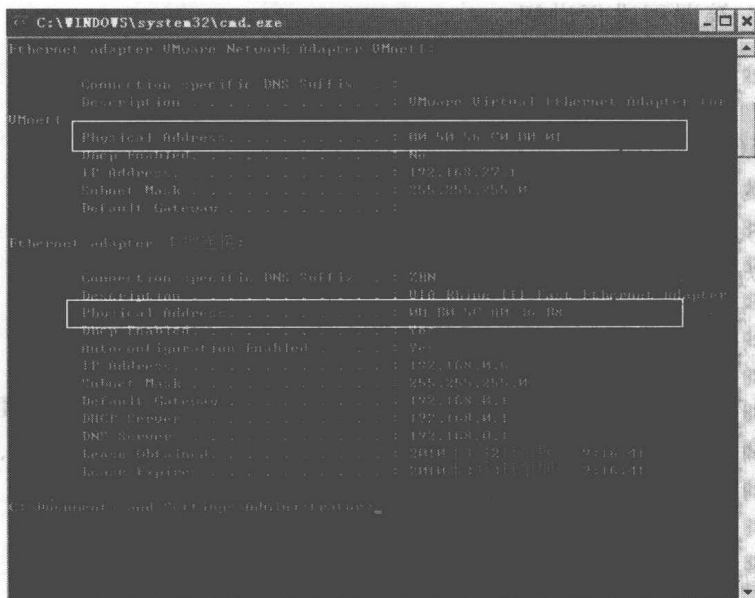


图 1-2 物理地址

其中长方形框内的 Physical Address 就是物理地址, 也叫 MAC 地址, 图 1-2 中显示的计算机有两个网卡, 也就有两个物理地址, 其中“Ethernet adapter 本地连接”是真实网

卡的 MAC 地址，“VMnet1”是虚拟机虚拟的网卡。

3. 相关概念

帧：它有帧头、帧尾。帧头中有地址信息（MAC 地址信息）、控制信息；帧尾里有校验信息；帧的中间是数据。

二层协议：以太网、帧中继、PPP（Point to Point Protocol，点对点协议）等。

4. 相关设备：二层交换机

1.3.3 网络层

网络层（Network Layer）也称三层，这一层的处理单位是包（Packet），这里的地址称逻辑地址，即 IP 地址。三层可以建立网络连接和为上层提供服务。

网络层负责以下任务：

1) 逻辑编址。将上层传递下来的数据添加逻辑地址信息（即 IP 地址）形成数据包。逻辑编址对于普通的通信服务是必需的，在互联网的环境中仅使用物理地址是不合适的，因为不同网络可以使用不同的物理地址格式。因此，需要一种通用的编址系统，用来唯一标志每一个主机，实现不同种物理网络间的通信。这就是 IP 地址的意义所在。

IP 地址是用于 Internet 上唯一表示一台主机的 32 位二进制标识符，具体的 IP 地址和子网掩码，在本章 1、3、4 节中将详细讲解。

2) 路由选择。当许多独立的网络互连在一起组成互联网时，这些连接的设备就要选择合适的路径转发数据包，使其能够到达目标网络。在复杂的网络结构中，到达目标网络路径可能并不唯一，选择何种路径到达，是路由选择要解决的问题。

另外，当一条物理信道建立之后，如果只有一对用户使用，往往有许多空闲时间被浪费掉，人们自然会希望让多对用户共用一条链路，也是路由选择要解决的。

1) 常见三层协议：IP。

2) 相关设备：路由器、三层交换机。

1.3.4 传输层

传输层（Transport Layer）也称四层，这一层的处理单位是报文段（Segment，TCP 时使用）/用户数据报（User Datagram，UDP 时使用）。传输层在源节点和目的节点的两个进程实体之间提供端到端的数据传输。

传输层的主要功能是：对一个进行的对话或连接提供可靠的传输服务，在通向网络的单一物理连接上实现该连接的复用，在单一连接上提供端到端的序号与流量控制、差错控制及恢复等服务。因为网络层不一定保证服务的可靠，而用户也不能直接对通信子网加以控制，因此在网络层之上，加一层即传输层以改善传输质量。传输层负责以下任务：

1) 进程标识。TCP 和 UDP 利用端口号来标记不同的进程。例如：FTP 服务使用的 TCP 端口号是 21；HTTP 默认使用 TCP 的 80 端口；Telnet 使用的 TCP 端口号是 23。

2) 分段与重新安装。应用层提交给传输层的数据有可能很大，一个报文段没有办法容纳时，就需要进行分割成合适的大小，用在接收端还原成原始的应用层数据，这就是分段

和重新安装的含义。

3) 连接控制。TCP 作为一个面向连接协议，需要连接建立，使用和释放的过程；与此对应，UDP 作为一个无连接的协议，采取的是“随到随发”的方式传输数据，不需要在发送前建立连接、发送后断开连接，但不能保证数据包的可靠传送。

4) 流量控制。如同数据链路层一样，传输层也负责流量控制。但传输层的流量控制是在端到端的意义上实现的，而不是一条链路上实现的。

5) 差错控制。和数据链路层的差错控制类似，只是传输层的流量控制是在端到端的意义上实现的，而不是一条链路上实现的。

相关协议：

常见的传输层协议有：TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议) 和 UDP (User Datagram Protocol) 两种。

TCP 是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的运输层通信协议。当使用 TCP 时，有连接的建立、数据传输和连接的拆除 3 个阶段，提供可靠的数据传输服务。

UDP 是一个无连接协议，不可靠的数据传输服务。当使用 UDP 时，不建立连接，当它想传送时就简单地去抓取来自应用程序的数据，并尽可能快地把它扔到网络上。虽然 UDP 是一个不可靠的协议，但它是分发信息的一个理想协议。例如，在屏幕上报告股票市场、在屏幕上显示航空信息等。在这些应用场合下，如果有一个消息丢失，在几秒之后另一个新的消息就会替换它。

1.3.5. 应用层

应用层包括所有的高层协议。应用层不仅直接和应用程序接口而且提供常见的网络应用服务。

应用的概念和协议发展得很快，使用面又很广泛，这给应用功能的标准化带来了困难。比起其他层来说，应用层需要的标准最多，但也是最不成熟的一层。但随着应用层的发展，各种特定应用服务的增多，应用服务的标准化开展了许多研究工作。

相关协议：

远程登录协议 (Telnet) 允许用户登录到远程系统并访问远程系统的资源，而且可像本地用户一样访问远程系统。

简单邮件传输协议 (Simple Mail Transfer Protocol, SMTP) 最初只是文件传输的一种类型，后来慢慢发展成为一种特定的应用协议。

文件传输协议 (File Transfer Protocol, FTP) 提供在两台机器之间进行有效的数据传输的手段。

超文本传输协议 (Hyper Text Transfer Protocol, HTTP) 用于从 WWW 上读取页面信息。

还有别的一些应用层协议，例如将网络中的主机的名字地址映射成网络地址的域名服务 (Domain Name Service, DNS)；用于传输网络新闻的网络新闻传输协议 (Network News Transfer Protocol, NNTP) 等。

1.3.6 分层模型的应用

回答本节开始的问题：介绍一个利用从下至上、分而治之的方法案例。

小张参加工作，来到一个新的工作岗位并使用了一台陌生的计算机后，发现不能连接公司的 FTP 服务器，因此向技术人员求助。这名技术人员指导小张通过以下步骤来排除问题。

1) 他先让小张使用 ping 命令来检查和服务器之间是否通，若不通，从上一层开始进行排错，首先确定物理层没有问题，例如：网线是否不通，从客户端到服务器之间的物理连接是否正确，网卡上的小灯是否处于正常工作状态等。

2) 在确认一层没有问题的情况下，网络依然不通，这时候通常要检察二层是否工作正常，通常在网络中二层的内容涉及到 VLAN 的配置是否正确、交换机端口和客户机的网卡间的工作模式是否匹配等。

3) 如果问题不出在二层，但网络依然不通，就需要考虑三层的内容，例如网络上经过的路由器上的路由表是否正确，客户端的 TCP/IP 是否正确安装，网管是否配置正确等。

4) 问题如果在三层上依然没有解决，小王就需要检查四层的信息，可能会使用 Telnet 命令来测试和 FTP 服务器 20、21 端口的连通关系。如果不通，可能是防火墙配置不恰当导致的问题。

5) 如果 Telnet 命令检测 FTP 服务器的端口也是通的，这时候就需要怀疑是否在应用层上出现了问题，例如客户端的 FTP 程序在配置上是否正确、服务器端关于用户的配置内容是否正确等。

案例中用到的技术和概念，在以后的学习中都会逐步接触到，通过这个例子，可说明如下几点：

1) 网络上的问题，解决起来，有一套比较固定的思路，通常采用从低层到高层的方式，或者从高层到低层的方式。

2) 使用分层思想，按照一定的逻辑顺序去解决问题，会降低解决问题的难度，并提供清晰的思路。

3) 在实际应用分层思想去解决实际问题的時候，并不一定会用到这里的每一步，而是会根据实际情况进行灵活的安排，但总的来说，是按照层次思想来排错的。

分层思想应用到生活：

我们把分层思想应用到实际的班级打扫卫生中。教室一共分为四列五行。

由门口依次为第一列、第二列、第三列、第四列、第五列。

第一列：负责打扫教室卫生。

第二列：负责打扫清洁区卫生。

第三列：负责门窗卫生打扫。

第四列：负责讲台、课桌、黑板卫生。

第五列：负责走廊卫生。

第一行，周一打扫；第二行，周二打扫；第三行，周三打扫；一直到周五。这样，老师只要记住第几列、第几行负责做什么就可以找到相应的人，而不是问今天该谁打扫哪儿了，哪里没有打扫好。从而可以体会到分层思想带来的灵活，使得问题的复杂程度大大降

低，而且能促进标准化工作。

1.4 IP 地址

IP 地址是学习网络课程必须非常熟悉的概念，Internet 的许多服务和功能都需要用到 IP 地址。因为 IPv6 尚未普及，本书讨论的 IP 地址都是现在普遍采用的 IPv4。了解 IP 地址，首先要了解地址这个概念。地址就是个人居住地，如果你要写信给一个人，你就要知道他（她）的地址，这样邮递员才能把信送到，计算机就好比是邮递员，它必须知道唯一的“家庭地址”才不会把信送错。只不过前者的地址是用文字来表示，而后者的地址是用数字表示的。

1.4.1 重要概念：IP 地址

所谓 IP 地址就是给每个连接在 Internet 上的主机分配的一个唯一的、32 位（bit）的地址。IP 地址由 32 位二进制数组成，分为 4 段，每段 8 位，段与段之间用小数点隔开，然后将每 8 位二进制数转换成十进制就是我们看到的 IP 地址（点分十进制）。而每一个唯一的 IP 地址一般都和子网掩码成对出现，子网掩码也是由 32 位二进制数组成。

例如：根据 TCP/IP 规定，IP 地址由 32 位二进制数组成。那么这个 IP 地址的形式应该是：11001010 01100110 11100000 01000100，这样的 IP 地址对于人们来说非常难以接受，无法更好地记忆和理解。为了使用方便，人们把这样的 IP 地址：32 位二进制数，分成 4 段，每段为 8 位二进制数，段与段之间用圆点分开，然后把每段的 8 位二进制数转换成十进制数。于是上述 32 位的二进制 IP 地址就变成了：202.102.224.68，这个 IP 地址是河南联通提供的动态域名解析（DNS）服务器地址。其他省市的 DNS 在互联网上都可以查到。

那么如何查看自己计算机的 IP 地址呢？一般使用“**ipconfig/all**”命令即可见到，如图 1-3 所示。

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
ipconfig /all

Ethernet adapter 本地连接:
    Connection-specific DNS Suffix . . . : 
    Description . . . . . : Realtek RTL8100CP - RTL8100P PCI-E G
    Physical Address (MAC) . . . . . : 00 24 2D 39 5C 11
    DHCP Enabled . . . . . : No
    IP Address (IPv4) . . . . . : 172.18.1.1 IP地址
    Subnet Mask (IPv4) . . . . . : 255.255.255.0 子网掩码
    Default Gateway . . . . . : 172.18.1.100 网关

PPP adapter 宽带连接:
    Connection-specific DNS Suffix . . . : 
    Description . . . . . : 908 (PPP SLIP) Interface
    Physical Address (MAC) . . . . . : 00 53 45 00 00 00
    DHCP Enabled . . . . . : No
    IP Address (IPv4) . . . . . : 115.54.24.29
    Subnet Mask (IPv4) . . . . . : 255.255.255.255
    Default Gateway . . . . . : 115.54.24.29
    DNS Servers . . . . . : 202.102.224.68
    NetBIOS over Tcpip . . . . . : Disabled
  
```

图 1-3 IP 地址、子网掩码、网关

图 1-3 中，IP Address 表示 IP 地址。Subnet mask 表示子网掩码。Default gateway 表示

网关，这些英文单词和对应的中文名称很重要，以后会经常用到。

图 1-3 中，我们看到 IP 地址是：172.18.1.1。子网掩码是：255.255.255.0。网关是：172.18.1.100。这就是我们看到的点分十进制后的 IP 地址形式。以后都以这种形式来表示。

1.4.2 二进制

计算机处理任何信息都以二进制的形式进行。那么，二进制、十进制是什么？二进制和十进制之间是怎么转换的？为了更好地理解 IP 地址，首先了解一下二进制和十进制的内容。

人们习惯使用十进制进行计算，也就是 0~9 为一个完整的序列，有 10 个数码，比 9 大“1”的数，无法表示，只能进位，变成“10”。十进制就是 0~9 十个数码。“10”就是十位上的 1 和个位上的 0 表示 10，这种方式称为：“逢十进一”。

那么二进制就是只有两个数码：0 和 1，想表示比 1 大“1”的数，无法表示，也只能进一位，变成“10”。

比 1 大“1”的数是 2，也就是十进制中的 2，用二进制表示就应该是“10”，以此类推，这种方式称为：“逢二进一”，见表 1-1。

表 1-1 十进制二进制对应表

十进制数	二进制数	2 的 n 次幂
0	0	2^0
1	1	
2	10	2^1
3	11	
4	100	2^2
5	101	
6	110	
7	111	2^3-1
8	1000	2^3
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	2^4-1
16	10000	2^4

表 1-1 中详细地说明了二进制“逢二进一”的表示方法。当使用二进制计数时，1 加 1 并不是等于 2，因为二进制没有 2 这个数码，只有 0 和 1 两个数码，所以只好“逢 2 进 1”。十进制的 2 表示为“10”，同理，再加 1 也不等于 3，而是等于 11。11 为二进制数中两位数的最大值，就相当于十进制的 99，比 99 大“1”的数是“100”，所以在二进制数中，比 11 大“1”的数也是 100，相当于十进制的 4。

熟练背诵表 1-1 会对今后我们学习计算机很有帮助。

仔细观察表 1-1，会发现如下规律：