

高等教育“十二五”规划教材

# 通信工程专业 综合实验教程

Communication Engineering  
Experiment Course

卢燕飞 王根英 周春月 主编



北京交通大学出版社  
<http://press.bjtu.edu.cn>

高等教育“十二五”规划教材

# 通信工程专业综合实验教程

卢燕飞 王根英 周春月 主编



北京交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书是针对通信工程专业的专业实验教学内容的指导书。内容覆盖了多个通信专业方向，主要有计算机网络技术、光通信技术、程控交换技术和移动通信技术四大部分，包括近 30 项实验。

本书中每个实验包括实验相关知识及基本原理、实验目的、实验基本设备及环境、实验内容及步骤、实验报告要求及思考题等，深入浅出，有利于学生对于专业知识的掌握和实践能力的提高。

本书可以作为通信工程专业及相关电子信息专业本科生的实验教材，也可以为相关人员作参考用书。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

通信工程专业综合实验教程 / 卢燕飞, 王根英, 周春月主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2013.2

(高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5121-1384-8

I. ①通… II. ①卢… ②王… ③周… III. ①通信工程-高等学校-教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 027727 号

责任编辑: 郭碧云 特邀编辑: 李晓敏

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

地 址: 北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印 刷 者: 北京交大印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 13.5 字数: 337 千字

版 次: 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-1384-8/TN·86

印 数: 1~1 500 册 定价: 29.00 元

---

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: [press@bjtu.edu.cn](mailto:press@bjtu.edu.cn)。

# 前 言

通信工程专业是信息科学领域重要的专业方向，目前通信技术发展迅速，无论是从学科发展还是从社会需求上讲，加强通信工程专业课程建设都有其重要的意义。通信学科涵盖的内容广泛，如何设计与通信专业教学相适应的综合实验课程是一项具有挑战性的任务，目前这一类型的课程在国内外同类专业教学中并没有统一的标准。为了保证课程质量，同时确保课程的可实施性，在课程建设中我们本着保证基础、突出特色的原则来建设“通信工程专业综合实验”课程内容及配套教材。

本书是大学通信专业综合实验课程的指导用书，主要目的是：在学生已经具备基本的专业基础知识的时候，让学生掌握通信工程专业的一些基本实践技能及部分的专项实践技能。学生通过课程的学习以后，既可以为相关课程的学习提供实践基础能力，也可以通过实验课程掌握通信专业最基本的一些专业知识，避免由于没有选相关课程而造成对某些专业知识的缺失。这门课程在整个专业实践技能的培养过程中起到一个承上启下的作用，也就是通过专业实验课程的学习，学生在强化一些基本实践技能的基础上，还可以更好地适应后续更深层次实践课程的学习。

为了实现课程的目标，在课程内容的设置上遵循以下原则。

- 保证基础：让综合实验课程的内容涵盖通信专业的主要基本专业课程内容，如涵盖交换技术、传输技术、移动通信技术及信令技术等通信基础核心课程的实践内容。
- 突出特色：与自身的优势专业相结合，在实践中体现自身通信专业特色，让学生通过课程的学习能掌握一些我校的优势专业，为今后学生进入各专业方向的研究生学习打下基础。

本书内容由卢燕飞统筹，共分为四大部分 16 章，主要内容如下。

- 第 1 部分是计算机网络综合实验部分，包括对计算机网络中路由器和交换机的配置管理、网络协议分析等实验内容。其中，第 1 至第 4 章由卢燕飞编写，第 5 章由周春月编写。
- 第 2 部分是光纤传输系统实验，包括光纤传输系统的一些相关实验内容，由王根英编写。
- 第 3 部分是程控交换系统实验，包括在中兴 ZXJ10 交换机上的相关实验，由王根英编写。
- 第 4 部分是移动通信系统实验，包括 GSM 系统的信令及基本应用实验，由周春月编写。

在本书的编写过程中，得到了教育部通信工程专业综合改革试点项目的大力支持，同时也得到了北京交通大学“通信与信息系统”北京市重点实验室的大力支持，对此一并致谢。由于水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请读者来信(yflu@bjtu.edu.cn、chyzhou@bjtu.edu.cn 或者 gywang@bjtu.edu.cn) 批评指正。

编 者

2012 年 10 月

# 目 录

## 第 1 部分 计算机网络综合实验

<b>第 1 章 预备知识</b> .....	2
1.1 网络路由器 .....	2
1.1.1 基本概念.....	2
1.1.2 基本功能.....	2
1.1.3 系统结构特点 .....	3
1.1.4 路由器的基本使用 .....	4
1.2 网络交换机 .....	4
1.2.1 交换机的基本特点 .....	4
1.2.2 交换机的工作原理 .....	5
1.2.3 交换机的性能特点 .....	5
1.2.4 集线器与交换机的区别 .....	5
1.3 路由基础 .....	6
1.3.1 路由与路由表 .....	6
1.3.2 路由协议概述 .....	7
1.4 实验设备介绍 .....	9
1.5 网络应用基本常识 .....	10
1.5.1 如何在计算机上设置 IP 地址 .....	10
1.5.2 Windows 环境中 cmd 方式下的网络功能命令.....	13
1.6 网络分层协议 .....	19
1.6.1 网络协议.....	19
1.6.2 TCP/IP 体系结构 .....	20
1.7 小结 .....	21
<b>第 2 章 网络设备的基本操作与连接调试实验</b> .....	22
2.1 实验一 网络设备的基本操作 .....	22
2.2 实验二 网络设备基本连接与调试 .....	34
2.3 实验报告要求 .....	38
<b>第 3 章 网络交换机实验</b> .....	39
3.1 相关原理 .....	39
3.2 实验一 配置 VLAN .....	41
3.3 实验二 交换机端口安全技术 .....	45
3.4 实验三 配置链路聚合 .....	49

3.5	实验报告要求 .....	51
<b>第4章</b>	<b>路由器基本应用实验 .....</b>	<b>53</b>
4.1	相关原理 .....	53
4.2	实验一 IP 路由基础 .....	55
4.3	实验二 配置 RIP 路由器协议 .....	60
4.4	实验三 配置 OSPF 路由协议 .....	64
4.5	实验报告要求 .....	67
<b>第5章</b>	<b>网络协议分析 .....</b>	<b>68</b>
5.1	相关原理 .....	68
5.2	实验一 链路层帧格式分析 .....	73
5.3	实验二 网络层协议分析 .....	76
5.4	实验三 传输层协议分析 .....	80
5.5	实验四 应用层协议分析 .....	86

## 第2部分 光纤传输系统实验

<b>第6章</b>	<b>光纤传输系统常用测试仪器及设备 .....</b>	<b>96</b>
6.1	光功率计 .....	96
6.2	光时域反射计 .....	97
6.3	光纤实验系统 JH5002A 概述 .....	100
<b>第7章</b>	<b>光无源器件特性测试 .....</b>	<b>103</b>
7.1	实验一 光纤连接器和光跳线性能测试 .....	103
7.2	实验二 光可变衰减器性能测试 .....	109
7.3	实验三 无源光耦合器特性测试 .....	110
<b>第8章</b>	<b>光纤传输系统 .....</b>	<b>115</b>
8.1	实验一 激光器 $P-I$ 特性测试 .....	115
8.2	实验二 光发信机接口指标测试 .....	117
8.3	实验三 光纤传输系统测试 .....	118
<b>第9章</b>	<b>光波分复用传输系统 .....</b>	<b>121</b>
9.1	实验一 光波分复用器特性测试 .....	121
9.2	实验二 波分复用光纤通信系统 .....	124

## 第3部分 程控交换实验

<b>第10章</b>	<b>程控交换实验预备知识 .....</b>	<b>132</b>
10.1	程控交换基础 .....	132
10.2	ZXJ10 程控交换机基本原理 .....	137
<b>第11章</b>	<b>ZXJ10 程控交换机的系统结构 .....</b>	<b>156</b>
实验	ZXJ10 程控交换机的物理配置 .....	156
<b>第12章</b>	<b>ZXJ10 程控交换机基本数据配置 .....</b>	<b>162</b>
实验	ZXJ10 交换机基本数据配置 .....	162

**第 4 部分 移动通信系统实验**

<b>第 13 章 预备知识</b> .....	170
13.1 GSM 系统结构 .....	170
13.2 GSM 主要的呼叫流程和信令流程 .....	172
<b>第 14 章 移动通信实验系统概述</b> .....	177
14.1 移动通信实验系统简介 .....	177
14.2 移动通信实验系统框架结构 .....	177
14.3 实验箱电路模块组成 .....	179
<b>第 15 章 GSM 系统实验</b> .....	182
15.1 实验一 移动台主叫实验 .....	182
15.2 实验二 移动台被叫实验 .....	191
15.3 实验三 900MHz GSM 手机实验 .....	195
<b>附录 A 主被叫实验中的 C:\mobilesystem.cfg 配置文件内容及说明</b> .....	205
<b>附录 B 系统实验涉及信令一览表</b> .....	206
<b>参考文献</b> .....	208

# 第 1 部分

## 计算机网络综合实验

本部分实验内容分为硬件部分和软件部分。其中，硬件部分主要是在 H3C 路由器、交换机平台上完成基本的 IP 网络设计管理；软件部分在 Wireshark 平台上进行 IP 数据包的捕获及网络协议的分析。主要实验内容包括：

- 网络交换机、路由器的基本使用；
- 基于交换机的网络功能应用；
- 基于路由器的网络路由管理及应用；
- 以太网数据链路层协议分析；
- 网络层相关协议分析。



# 第1章 预备知识

## 1.1 网络路由器

### 1.1.1 基本概念

路由器（Router）是互联网的主要节点设备。路由器通过路由表决定数据包的转发。转发策略称为路由选择（Routing），这也是路由器名称的由来（Router，转发者）。作为不同网络之间互相连接的枢纽，路由器系统构成了基于 TCP/IP 的 Internet 的主体脉络，也可以说，路由器构成了 Internet 的骨架。它的处理速度是网络通信的主要瓶颈之一，可靠性则直接影响着网络互连的质量。因此，在整个 Internet 研究领域，路由器技术始终处于核心地位。

路由器是用于连接多个逻辑上分开的网络，逻辑网络是代表一个单独的网络或者一个子网。当数据从一个子网传输到另一个子网时，可通过路由器来完成。因此，路由器具有判断网络地址和选择路径的功能，它能在多网络互联环境中，建立灵活的连接，可用完全不同的数据分组和介质访问方法连接各种子网，路由器只接受源站或其他路由器的信息，属网络层的一种互联设备。它不关心各子网使用的硬件设备，但要求运行与网络层协议相一致的软件。

事实上，路由器除了上述的路由选择这一主要功能外，还具有网络流量控制功能。有的路由器仅支持单一协议，但大部分路由器可以支持多种协议的传输，即多协议路由器。由于每一种协议都有自己的规则，要在一个路由器中完成多种协议的算法，势必会降低路由器的性能。用户购买路由器时，需要根据自己的实际情况，选择自己需要的网络协议的路由器。

近年来出现了交换路由器产品，从本质上来说它不是什么新技术，而是为了提高通信能力，把交换机的原理组合到路由器中，使数据传输能力更快、更好。

### 1.1.2 基本功能

路由器的主要工作就是为经过路由器的每个数据帧寻找一条最佳传输路径，并将该数据有效地传送到目的站点。由此可见，选择最佳路径的策略即路由算法是路由器的关键所在。为了完成这项工作，在路由器中保存着各种传输路径的相关数据——路由表（Routing Table），供路由选择时使用。路由表中保存着子网的标志信息、网上路由器的个数和下一个路由器的名字等内容。路由表可以由系统管理员固定设置好的，也可以由系统动态修改，可以由路由器自动调整，也可以由主机控制。

#### 1. 静态表

由系统管理员事先设置好固定的路由表称为静态（Static）路由表，一般是在系统安装时就根据网络的配置情况预先设定的，它不会随未来网络结构的改变而改变。

## 2. 动态路由表

动态 (Dynamic) 路由表是路由器根据网络系统的运行情况而自动调整的路由表。路由器根据路由选择协议 (Routing Protocol) 提供功能, 自动学习和记忆网络运行情况, 在需要时自动计算数据传输的最佳路径。

由于最初计算机网络产品并没先出标准后出产品, 所以很多厂商如 Apple、DEC 和 IBM 都提出了自己的网络层标准, 产生了如 Appletalk、DECnet 和 IBM 协议, Novell 公司的网络操作系统运行 IPX / SPX 协议, 在连接这些异构网络时需要路由器对这些协议提供支持。

### 1.1.3 系统结构特点

路由器是一台特殊的计算机, 具有一般计算机系统的相似硬件体系结构: CPU、存储介质及操作系统, 只不过这些都与 PC 有点差别而已。总的来说, 路由器基本构成也包含硬件及软件两部分。

根据路由器的基本功能可以知道, 路由器在硬件上有如下的特点。

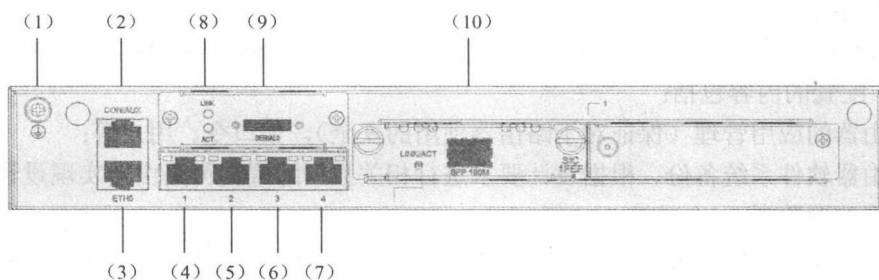
(1) 路由器: 是指一台完成网络互联的专用计算机系统, 具有 CPU、存储设备、接口、操作系统、应用软件等; 内存 RAM, ROM、专用存储设备 (FLASH, NVRAM)。

(2) 路由器上的存储设备: 包括 ROM (Read-Only Memory, 只读储存设备)、Flash (闪存)、NVRAM (非易失性随机存储器)、DRAM (动态随机存储器) 等几种。

(3) 提供一些不同的网络接口: 路由器需要连接不通网络, 因此它最起码会有两个以上的网络接口, 而且类型一般也不同, 一般可以把接口分成 LAN 接口和 WAN 接口。路由器上的接口有些是固定配置 (设备上固化不能删减), 有些接口可以通过模块或者接口卡插在扩展槽上灵活匹配 (根据需要进行选择)。

(4) 路由器的配置管理接口: 路由器需要进行管理配置, 一般会提供一个本地连接管理接口, 如 Console 接口。

实验用路由器接口图如图 1-1 所示。



(1) 接地端子	(2) 配置口/备份口 (CON/AUX)
(3) 固定以太网口 0 (ETH0)	(4) 固定交换口 1
(5) 固定交换口 2	(6) 固定交换口 3
(7) 固定交换口 4	(8) SERIAL 指示灯
(9) SERIAL 接口	(10) SIC/DSIC 卡插槽

图 1-1 实验用路由器接口图

路由器具有专用的操作系统，提供对路由器的管理功能，同时提供一些基本的的应用，如 Ping、Telnet、Tracert 等。普通 PC 的操作系统有 Windows 系列、Linux/UNIX 等，而路由器也有自己的操作系统：如 CISCO 路由器的操作系统是 IOS (Internetwork Operating System, 互联网际操作系统)、H3C 路由器的操作系统是 Comware (CMW)。

路由器中的只读存储器 ROM 一般会有一个简单的 bootOS，可以保证在路由器系统出错时，恢复系统；路由器提供对 OS 系统及配置文件的备份恢复功能；路由器的管理配置可以在 OS 中通过命令方式实现（专业），也可以通过路由器提供的 Web 服务来实现。

### 1.1.4 路由器的基本使用

路由器是网络进行互联的关键设备，平常为计算机完成网络配置时，设定 IP 地址时所指定的网关实际上就是一台路由设备。

对于路由器的选用，主要可以依据以下几个方面来选择。

(1) 接口的选择：根据网络互联的情况，确定路由器应该支持的接口，路由器最起码有两个支持网络连接的接口。如一般家庭使用的路由器支持对外的 ASDL 接口和本地的 Ethernet 接口。

(2) 处理能力的选择：实际应用中路由器有些是应用在骨干网络上，有些是边沿接入，它们所需的处理能力不同，因此一般厂家都有不同级别的路由器产品。

(3) 支持协议的选择：目前路由器主要支持的协议是 IP，但是还有其他一些网络层的协议，在有特殊要求时，需要考虑路由器对其他协议的支持，如 IPX/SPX 等。

(4) 其他特殊功能的支持：其实目前路由已经不再局限于完成基本的路由功能，还有一些其他功能，如 NAT、访问列表、相关 QoS 控制、组播等功能，这些也是路由器选择的依据。

(5) 厂家和价格。

路由器在使用时，都要经过配置才能够按照用户的需要完成其任务，其基本的使用步骤如下：

(1) 根据网络设计要求，完成路由器的基本硬件安装（如安装模块、连接电源），并正确完成相关的网络连接。

(2) 首先配置终端（计算机）通过专用的配置接口 Console 连接路由器，对路由器进行配置管理，配置的内容包括：

- 路由器的应用管理（保证对于路由器使用的安全），如口令、用户等；
- 路由器软件系统备份、根据设计要求进行相关数据配置使得路由器实现设计功能；
- 备份配置数据。

(3) 在完成基本网络连接的前提下，上述配置也可以在计算机上通过网络连接实现（如 Telnet 登录方式、SNMP 方式实现）。

## 1.2 网络交换机

### 1.2.1 交换机的基本特点

交换机也叫交换式集线器，它通过对信息进行重新生成，并经过内部处理后转发至指定端口，具备自动寻址能力和交换作用。由于交换机根据所传递信息包的目的地址，将每一信

息包独立地从源端口送至目的端口，避免了与其他端口发生碰撞，因此广义的交换机就是一种在通信系统中完成信息交换功能的设备。

## 1.2.2 交换机的工作原理

在计算机网络系统中，交换机是针对共享工作模式的弱点而推出的。集线器是采用共享工作模式的代表，如果把集线器比作一个邮递员，那么这个邮递员是个不认识字的“傻瓜”——要他去送信，他不知道直接根据信件上的地址将信件送给收信人，只会拿着信分发给所有的人，然后让接收的人根据地址信息来判断是不是自己的，而交换机则是一个“聪明”的邮递员——交换机拥有一条高带宽的背部总线和内部交换矩阵。交换机的所有端口都挂接在这条背部总线上，当控制电路收到数据包以后，处理端口会查找内存中的地址对照表以确定目的 MAC（网卡的硬件地址）的 NIC（网卡）挂接在哪个端口上，通过内部交换矩阵迅速将数据包传送到目的端口。目的 MAC 若不存在，交换机才广播到所有的端口，接收端口回应后交换机会“学习”新的地址，并把它添入内部地址表中。

可见，交换机在收到某个网卡发过来的“信件”时，会根据上面的地址信息，以及自己掌握的“常住居民户口簿”快速将信件送到收信人的手中。万一收信人的地址不在“户口簿”上，交换机才会像集线器一样将信分发给所有的人，然后从中找到收信人。而找到收信人之后，交换机会立刻将这个人的信息登记到“户口簿”上，这样以后再为该客户服务时，就可以迅速将信件送达。

## 1.2.3 交换机的性能特点

(1) 独享带宽。由于交换机能够智能化地根据地址信息将数据快速送到目的地，因此它不会像集线器那样在传输数据时“打扰”那些非收信人。这样一来，交换机在同一时刻可进行多个端口组之间的数据传输。并且每个端口都可视为是独立的网段，相互通信的双方独自享有全部的带宽，无须同其他设备竞争使用。比如说，当主机 A 向主机 D 发送数据时，主机 B 可同时向主机 C 发送数据，而且这两个传输都享有网络的全部带宽——假设此时它们使用的是 10 Mbps 的交换机，那么该交换机此时的总流量就等于  $2 \times 10 \text{ Mbps} = 20 \text{ Mbps}$ 。

(2) 全双工。当交换机上的两个端口通信时，由于它们之间的通道是相对独立的，因此它们可以实现全双工通信。

## 1.2.4 集线器与交换机的区别

从二者的工作原理来看，交换机和集线器是有很大差别的。首先，从 OSI 体系结构来看，集线器属于 OSI 的第一层物理层设备，而交换机属于 OSI 的第二层数据链路层设备。其次，从工作方式来看，集线器采用一种“广播”模式，因此很容易产生“广播风暴”，当网络规模较大时性能会受到很大的影响。而当交换机工作时，只有发出请求的端口和目的端口之间相互响应而不影响其他端口，因此交换机能够在一定程度上隔离冲突域和有效抑制“广播风暴”的产生。

另外，从带宽来看，集线器不管有多少个端口，所有端口都是共享一条带宽，在同一时刻只能有两个端口传送数据，其他端口只能等待，同时集线器只能工作在半双工模式下；而对于交换机而言，每个端口都有一条独占的带宽，当两个端口工作时并不影响其他

端口的工作，同时交换机不但可以工作在半双工模式下且可以工作在全双工模式下。

如果用最简单的语言叙述交换机与集线器的区别，那就应该是智能与非智能的区别。集线器只是连接多个计算机的网络设备，只能起到信号放大和传输的作用，不能对信号中的碎片进行处理，所以在传输过程中容易出错。而交换机则可以看作一种智能型的集线器，除了拥有集线器的所有特性外，还具有自动寻址、交换、处理的功能。并且在数据传递过程中，发送端与接收端独立工作，不与其他端口发生关系，从而达到防止数据丢失和提高吞吐量的目的。

## 1.3 路由基础

### 1.3.1 路由与路由表

在因特网中进行路由选择要使用路由器，路由器根据所收到的报文的地址选择一条合适的路由（通过某一网络），并将报文传送到下一个路由器。路径中最后的路由器负责将报文送交目的主机。

#### 1. 路由表的作用

路由器转发分组的关键是路由表。每个路由器中都保存着一张路由表，表中每条路由项都指明了要到达某子网或某主机的分组应通过路由器的哪个物理接口发送，就可到达该路径的下一个路由器，或者不需再经过别的路由器便可传送到直接相连的网络中的目的主机。

根据来源不同，路由表中的路由通常可分为三类：链路层协议发现的路由（也称为接口路由或直连路由）；由网络管理员人工配置的静态路由；动态路由协议发现的路由。

#### 2. 路由表中的内容

路由表包含下列关键项。

(1) 目的地址：用来标识 IP 数据报的目的地址或目的网络。

(2) 网络掩码：与目的地址一起来标识目的主机或路由器所在的网段的地址。将目的地址和网络掩码“逻辑与”后可得到目的主机或路由器所在网段的地址。例如，目的地址为 129.102.8.10、掩码为 255.255.0.0 的主机或路由器所在网段的地址为 129.102.0.0。掩码由若干个连续“1”构成，既可以用点分十进制法表示，也可以用掩码中连续“1”的个数来表示。

(3) 出接口：指明 IP 报文将从该路由器哪个接口转发。

(4) 下一跳 IP 地址：更接近目的网络的下一个路由器地址。如果只配置了出接口，下一跳 IP 地址是出接口的地址。

(5) 本条路由加入 IP 路由表的优先级：对于同一目的地，可能存在若干条不同下一跳的路由，这些不同的路由可能是由不同的路由协议发现的，也可能是人工配置的静态路由。优先级高（数值小）的路由将成为当前的最优路由。

根据路由目的地的不同，路由可划分为：子网路由，目的地为子网；主机路由，目的地为主机。

另外，根据目的地与该路由器是否直接相连，路由又可分为：直接路由，目的地所在网络与路由器直接相连；间接路由，目的地所在网络与路由器非直接相连。

为了不使路由表过于庞大，可以设置一条默认路由。凡数据报文查找路由表失败，便根

据默认路由转发。

在图 1-2 所示的因特网中，各网络中的数字是该网络的网络地址。路由器 Router G 与三个网络相连，因此有三个 IP 地址和三个物理接口，路由表见表 1-1。

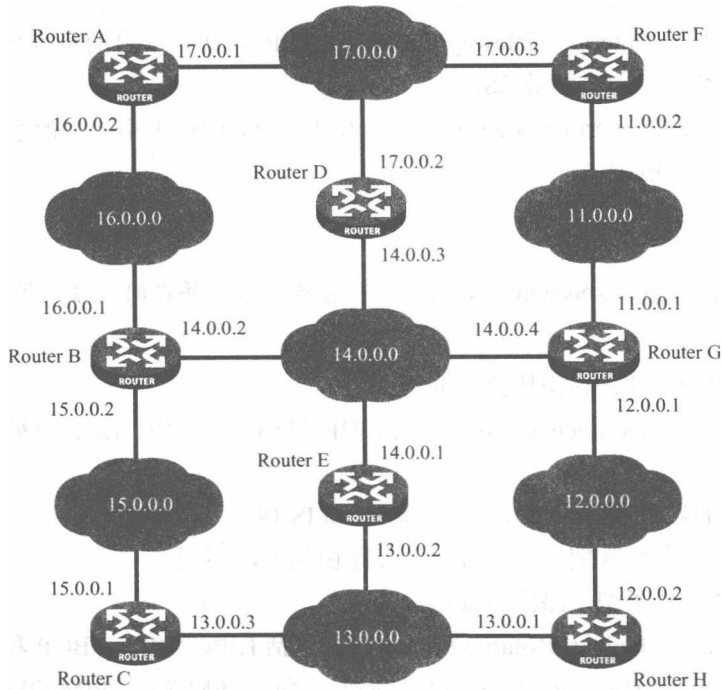


图 1-2 路由表示意图

表 1-1 路由表

Destiantion Network	Nexthop	Interface
11.0.0.0	11.0.0.1	2
12.0.0.0	12.0.0.1	1
13.0.0.0	12.0.0.2	1
14.0.0.0	14.0.0.4	3
15.0.0.0	14.0.0.2	3
16.0.0.0	14.0.0.2	3
17.0.0.0	11.0.0.2	2

### 1.3.2 路由协议概述

#### 1. 静态路由与动态路由

静态路由配置方便，对系统要求低，适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。其缺点是当网络拓扑结构发生变化时，需要人工重新配置，不能自动适应。

动态路由协议有自己的路由算法，能够自动适应网络拓扑的变化，适用于具有一定规模的

网络拓扑。其缺点是配置比较复杂，对系统的要求高于静态路由，并将占用一定的网络资源。

## 2. 动态路由协议分类

动态路由协议的分类可采用以下不同标准。

(1) 根据作用范围，路由协议可分为：

- 内部网关协议 (Interior Gateway Protocol, IGP)，在一个自治系统内部运行，常见的 IGP 包括 RIP、OSPF 和 IS-IS；
- 外部网关协议 (Exterior Gateway Protocol, EGP)，运行于不同自治系统之间，BGP 是目前最常用的 EGP。



说明

自治系统 (Autonomous System) 是拥有同一选路策略，并在同一技术管理部门下运行的一组路由器。

(2) 根据使用的算法，路由协议可分为：

- 距离矢量协议 (Distance-Vector)，包括 RIP 和 BGP，其中，BGP 也被称为路径矢量协议 (Path-Vector)；
- 链路状态协议 (Link-State)，包括 OSPF 和 IS-IS。

以上两种算法的主要区别在于发现和计算路由的方法不同。

(3) 根据目的地址类型，路由协议可分为：

- 单播路由协议 (Unicast Routing Protocol)，包括 RIP、OSPF、BGP 和 IS-IS 等；
- 组播路由协议 (Multicast Routing Protocol)，包括 PIM-SM、PIM-DM 等；

(4) 根据 IP 的版本，路由协议可分为：

- IPv4 路由协议，包括 RIP、OSPFv2、BGP4 和 IS-IS 等；
- IPv6 路由协议，包括 RIPng、OSPFv3、BGP4+ 和支持 IPv6 的 IS-IS 等。

## 3. 路由协议及路由优先级

对于相同的目的地，不同的路由协议 (包括静态路由) 可能会发现不同的路由，但这些路由并不都是最优的。事实上，在某一时刻到某一目的地的当前路由仅能由唯一的路由协议来决定。为了判断最优路由，各路由协议 (包括静态路由) 都被赋予一个优先级，当存在多个路由信息源时，具有较高优先级的路由协议找到的路由将成为当前路由。各种路由协议及其路由的默认优先级见表 1-2。

表 1-2 路由协议及默认时的路由优先级

路由协议或路由种类	相应路由的优先级	路由协议或路由种类	相应路由的优先级
DIRECT	0	OSPF ASE	150
OSPF	10	OSPF NSSA	150
IS-IS	15	IBGP	255
STATIC	60	EBGP	255
RIP	100	UNKNOWN	256

表中，0 表示直接连接的路由；256 表示任何来自不可信源端的路由。数值越小表明优先

级越高。

除直连路由（DIRECT）外，各种路由的优先级都可由用户人工进行配置。另外，每条静态路由的优先级都可以不相同。

## 1.4 实验设备介绍

实验中用到的路由器和交换机机型主要包括：

- H3C MSR 20-1x
- H3C MSR 30-1x
- H3C E126/E126A

MSR 20、30 系列路由器是由 H3C 公司自主开发的、面向企业级网络的多业务路由器产品。根据网络规模的不同，MSR 20、30 系列路由器既可以在中小型企业网中担当核心路由器，也可以在大的企业中担当分支网络的接入路由器，同时适合在电信管理网、计费网等电信级网络中应用。MSR 20 系列路由器采用模块化结构，提供了多种可选配的 SIC（Smart Interface Card）接口卡。

H3C E126/E126A 以太网交换机是 H3C 公司自主开发的一系列 L2 层线速以太网交换产品，是为要求具备高性能、较大端口密度且易于安装的网络环境而设计的智能型可网管交换机。

在校园网中，E126/E126A 以太网交换机作为桌面交换设备处于接入层，通过 100 M 接口直接接入各个教学办公楼里的用户，以 1 000 M 的上行接口与学校的核心交换机相连，再通过路由器连接到教育网，实现教育网内的信息互通与资源共享，如图 1-3 所示。

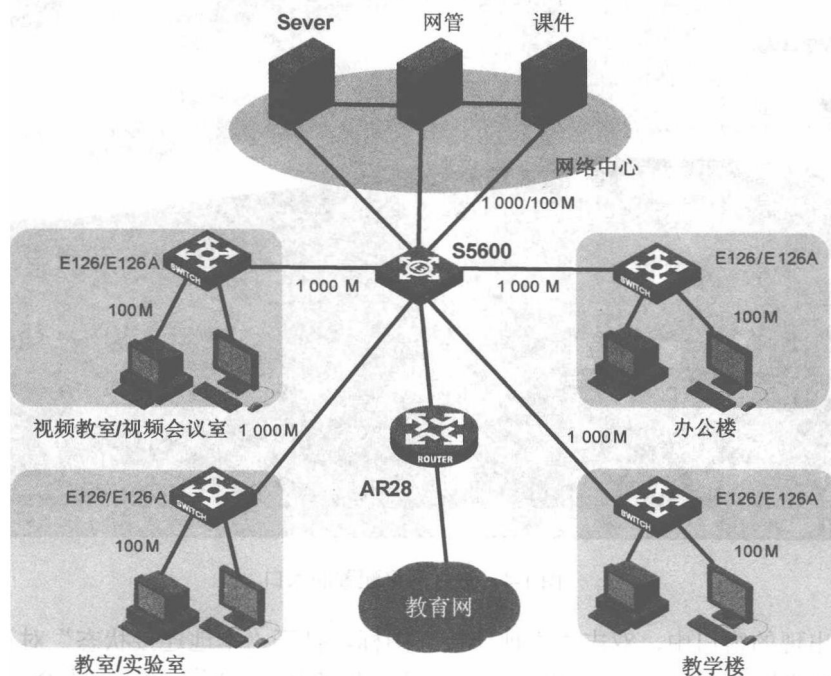


图 1-3 E126/E126A 以太网交换机教育网组网图



## 1.5 网络应用基本常识

在计算机网络的相关实验中，除了需要路由器、交换机这些专用的网络设备以外，作为网络终端的计算机也是必不可少的，因此有必要掌握在计算机上如何来进行一些基本的配置。

在 Windows 系统中进行网络配置，用 ping、ipconfig 命令工具来进行网络测试，使用 tracert 路由跟踪命令，使用 route、netstat、arp、nslookup 命令查看网络状态是在后续网络实验中必须掌握的基本知识，因此这里对此方面的基本知识做简单介绍。

### 1.5.1 如何在计算机上设置 IP 地址

(1) 在桌面上找到“网上邻居”图标，在上面单击鼠标右键，选择“属性”，打开“属性”对话框；也可以通过“控制面板”找到“网络连接”来进行选择，如图 1-4 所示。

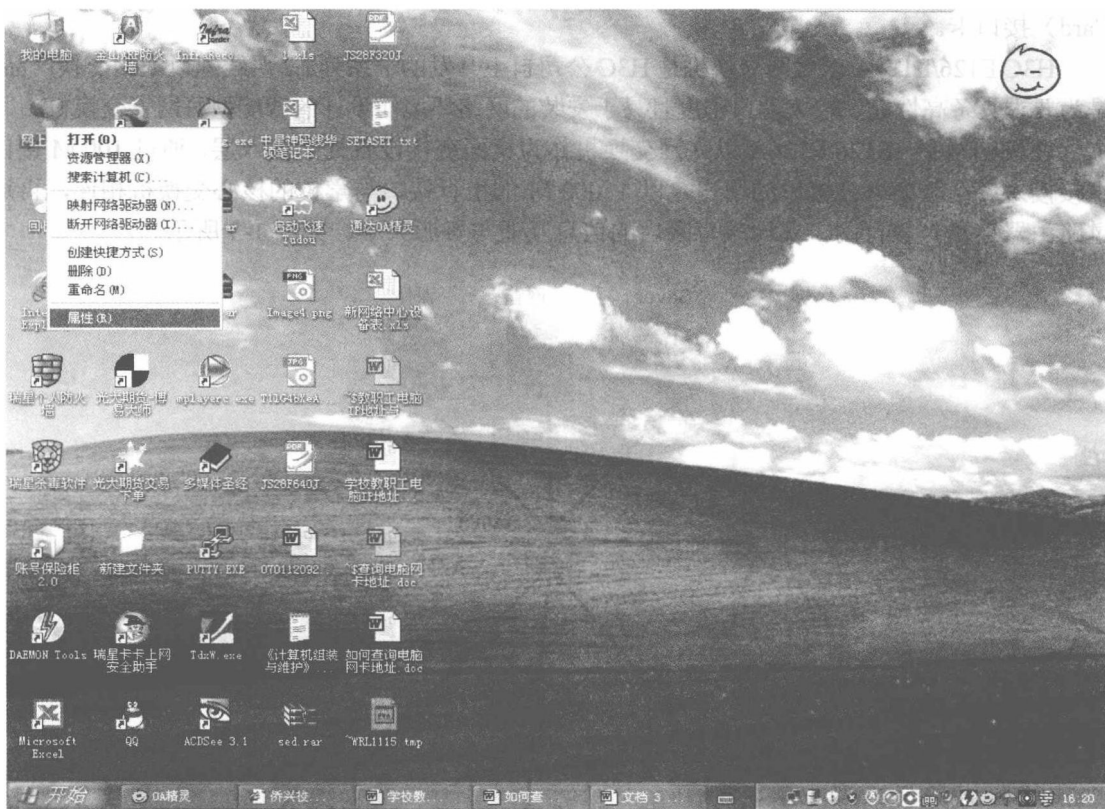


图 1-4 进行网络配置的入口

(2) 在出现的窗口中，双击“本地连接”图标，打开“本地连接状态”对话框。计算机如果有多种网络连接方式（如多块网卡、包含无线网络接口）时，此窗口中会出现多种连接，即可根据需要来进行选择配置，如图 1-5 所示。