面向21世纪高等院校计算机系列规划教材

计算机网络技术实训教程

贾昌传　主编　　申海杰　肖　虎　副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

计算机网络技术实训教程

[redacted]

面向21世纪高等院校计算机系列规划教材

计算机网络技术实训教程

主　编　贾昌传
副主编　申海杰　肖　虎
参　编　李旸园　陈晓范　李　继　田新志

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是为了提高学生实际操作能力而编写，书中精选了40多个实验，基本覆盖了组建和维护中小型网络所用到的网络技术。加强了学生在学习过程中的实际操作技能的训练。

全书主要包括：网络技术基础知识，路由基础知识；交换机的配置、VLAN的配置技术；路由器的配置，如RIP、OSPF协议、访问控制列表、配置NAT；三层交换机的应用与配置，如通过三层交换机实现不同VLAN之间的通信；防火墙的配置与应用，以及Sniffer的使用方法；另外还有Linux及Windows 2003系统下常用服务器的搭建等内容。

本书可作为高职高专、成人高校和应用型本科计算机网络技术、计算机应用技术、电子信息技术、电子商务等专业计算机网络实践的教学用书；也可作为其他各行各业网络管理人员培训和自学的教材及参考书；还可作为计算机网络工程技术人员、网络管理和应用人员、广大计算机网络技术爱好者及教师的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

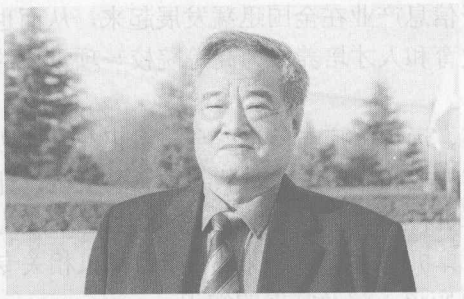
计算机网络技术实训教程 / 贾昌传主编；李旸园等编著. —北京：中国铁道出版社，2008.1
（面向21世纪高等院校计算机系列规划教材）
ISBN 978-7-113-08512-4

Ⅰ. 计… Ⅱ. ①贾…②李… Ⅲ. 计算机网络－高等学校－教材 Ⅳ. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字（2008）第004704号

书　　名：计算机网络技术实训教程
作　　者：贾昌传　申海杰　肖　虎　等
出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市宣武区右安门西街8号）
策划编辑：严晓舟　秦绪好
责任编辑：李　旸　黄园园
封面设计：付　巍
封面制作：白　雪
印　　刷：北京鑫正大印刷有限公司
开　　本：787×1092　1/16　**印张**：10　**字数**：229千
版　　本：2008年2月第1版　2008年2月第1次印刷
印　　数：1～4 000册
书　　号：ISBN 978-7-113-08512-4/TP・2669
定　　价：15.00元

作者简介



贾昌传，1940年10月生，辽宁大连市人。1964年毕业于大连理工大学自动控制专业。历任西安公路交通大学计算机科学与技术系系主任、院长、教授、研究生导师。现为西安思源学院计算机科学与技术系系主任、首席教授，兼任陕西省交通厅信息化建设顾问，陕西省交通计算机应用学会副主任委员，全国CAD应用培训网西安中心委员。

由中央军委和国务院批准的国家重大科研课题“长河四号”工程中，他主持的“发射机定时器和发射变频数字信号”项目荣获电子工业部科技进步成果一等奖。主编出版的教材12部，译著3部。1986～1988年赴德国慕尼黑大学和西门子公司研发中型计算机系统与网络应用开发，1998年获得美国CISCO公司组网设计认证书。

2006年特聘为中国科学院教材建设专家委员会委员，2007年被录入中国教育信息化专家数据库。**2007年被评为陕西省省级普通高校“计算机应用与软件技术专业性实训基地”教学团队的带头人。**

前 言

随着互联网技术的广泛普及与应用，通信与电子信息产业在全国迅猛发展起来，从而也带来了网络技术人才需求量的增加。因此网络技术教育和人才培养成为高等院校一项重要的任务。

基于网络技术的电子政务、电子商务、远程教育、远程医疗与信息安全技术正在以前所未有的速度发展，计算机网络正在改变着人们的工作方式和生活方式。从某种意义上讲，计算机网络技术的发展水平不仅体现了一个国家的计算机科学与通信技术水平，而且已经成为衡量其国力及现代化程度的重要标志之一。因此，计算机网络技术不仅是从事计算机相关专业人员必须掌握的知识，也是广大读者特别是学生更应该了解及掌握的知识。

近年来，高等教育得到了飞速发展，学校急需适合高等教育特点的计算机网络技术课程的实用型教材，减少枯燥难懂的理论，取而代之的是建网、管网、上网等实际操作应用能力的培养和训练。本教材就是根据这一人才培养特点编写的。作者多年从事计算机网络技术的教学和科研工作，积累了丰富的教学和工程经验，并将其融入到本教材的编写中，在编写的过程中，作者也参考了大量的文献资料，力求使教材内容丰富新颖，图文并茂，并使教材具有系统性、先进性和实用性。

本教材突出了以下特点：

1．组织结构合理，内容新颖，实践性强；既注重基础理论，又突出实用性。

2．理论知识浅显易懂，实践内容现实实用。以“实用、够用、适用”为原则、以“技能”为纲要、以“案例”为线索、以“就业”为导向，驱动整个实践教学的开展。

3．从显示岗位的工作内容和特点出发，以计算机网络的组建、配置、管理和应用为依据层层深入、环环相接达到相应职业岗位的要求，并具备参加相应计算机认证考试的能力。

本书是集体智慧的结晶，由贾昌传、申海杰、肖虎等共同编写。贾昌传负责整体结构设计、策划、组织和全书的统稿和定稿。

全书共分 7 章，第 1、3 章是由肖虎编写，第 2、4、7 章是由贾昌传编写，第 5、6 章由申海杰编写。另外，李旸园、陈晓范、李继、田新志等教师参加了编写和整理工作。

在本书的编写过程中，蒋蔚教授，国际数码及嵌入式教育中国区总裁杨恒博士给予了大力支持。由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在不足和疏漏之处，望各位专家与读者给予谅解和指正，不吝赐教。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第 1 章　网络技术基础

1.1　交换实验基础知识

1.1.1　交换机介绍

从技术上来说，交换机其实就是一个多端口网桥，它工作于 OSI/RM 参考模型中的第二层，即数据链路层。但与普通网桥不同的是，以太网交换机的每个端口都直接与主机相连，普通网桥的端口不与主机相连而是连接到局域网。交换机一般都工作在全双工方式下。当主机需要传输数据时，交换机能同时连接多个端口，使每一对相互通信的主机都能够像独占传输介质那样，进行无“冲突”的数据传输。

交换机的工作原理是存储转发，它将某个端口要发送的数据帧先存储起来，通过解析数据帧以获得 MAC 地址，然后在 MAC 地址表找到目的主机所连接的交换机端口，并立即将数据帧从源端口转发到目的端口。假定主机 A 向主机 B 发送数据，其工作过程如下。

（1）当交换机加电启动初始化时，MAC 地址表是空的，如图 1-1 所示。

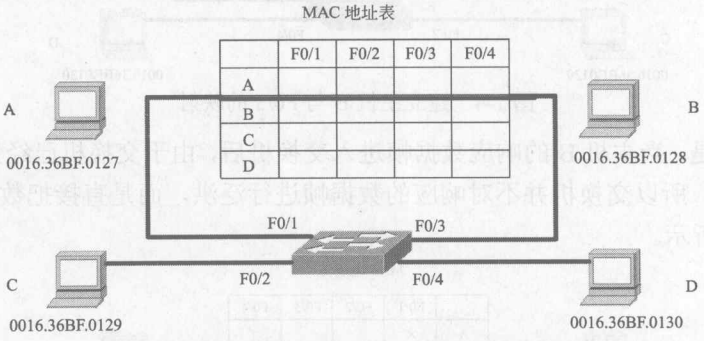


图 1-1　交换机初始化时 MAC 地址表是空的

（2）当主机 A 发送、交换机接收帧时，交换机根据收到数据帧的源 MAC 地址，建立主机 A 的 MAC 地址与交换机端口 F0/1 映射，并将其写入 MAC 地址表中，如图 1-2 所示。

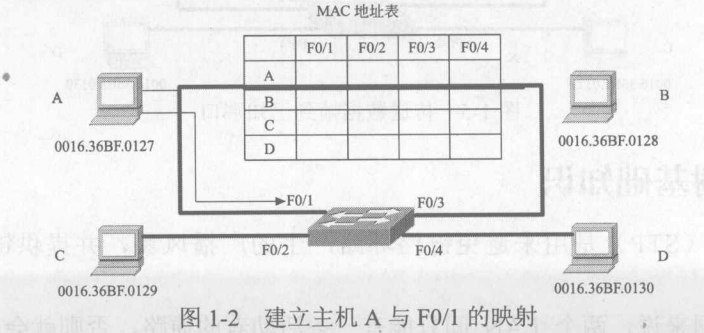


图 1-2　建立主机 A 与 F0/1 的映射

（3）由于目的主机 B 的 MAC 地址未知，所以交换机把数据帧泛洪（广播帧和组播帧向所有端口转发，即泛洪）到所有端口，如图 1-3 所示。

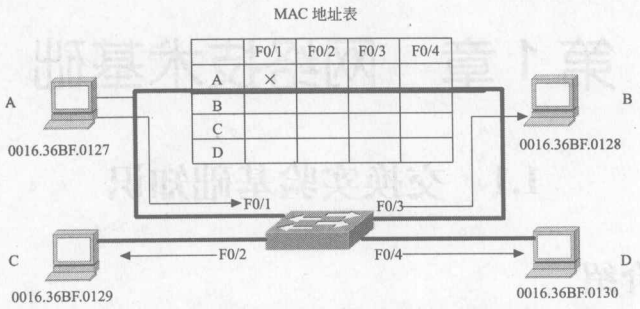


图 1-3　把数据帧泛洪到交换机所有端口

（4）主机 B 向主机 A 发出响应，所以交换机也知道了主机 B 的 MAC 地址，同样交换机也会建立主机 B 的 MAC 地址与交换机端口 F0/3 的映射，并将其写入 MAC 地址表，如图 1-4 所示。

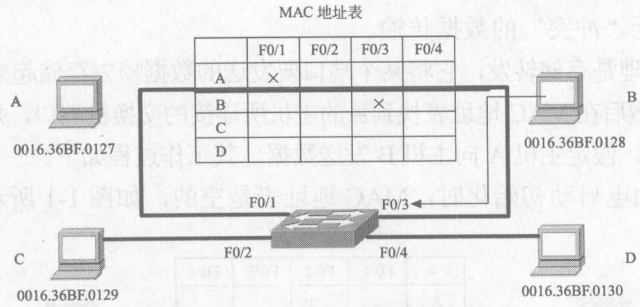


图 1-4　建立主机 B 与 F0/3 的映射

需要指出的是，当主机 B 的响应数据帧进入交换机后，由于交换机已经知道主机 A 所连接的交换机端口，所以交换机并不对响应的数据帧进行泛洪，而是直接把数据帧传入到已知端口，如图 1-5 所示。

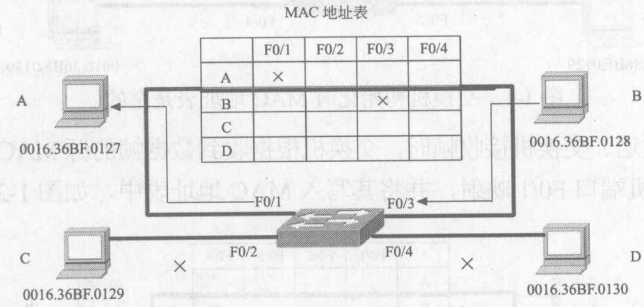


图 1-5　传送数据帧到已知端口

1.1.2　生成树基础知识

生成树协议（STP）是用来避免链路环路产生的广播风暴，并提供链路冗余备份的协议。

对二层以太网来说，两个 LAN 间只能有一条活动着的通路，否则就会产生广播风暴。

但是为了加强一个局域网的可靠性，建立冗余链路又是必要的，其中的一些通路必须处于备份状态，如果当网络发生故障，另一条链路失效时，冗余链路就必须被提升为活动状态。手工控制这样的过程显然是一项非常艰苦的工作，STP 协议能自动地完成这项工作，它能使一个局域网中的交换机起下面的作用。

（1）发现并启动局域网的一个最佳树型拓扑结构。

（2）发现故障并随之进行恢复，自动更新网络拓扑结构，使在任何时候都选择了可能的最佳树型结构。局域网的拓扑结构是根据管理员设置的一组网桥配置参数自动进行计算的，使用这些参数能够生成最好的一个树型拓扑结构。

快速生成树（RSTP）协议完全向下兼容 802.1D STP 协议，除了和传统的 STP 协议一样具有避免回路、提供冗余链路的功能外，最主要的特点就是“快”。如果一个局域网内的网桥都支持 RSTP 协议且管理员配置得当，一旦网络拓扑改变而要重新生成拓扑树只需要不超过 1s 的时间（传统的 STP 需要大约 50s）。它遵循 IEEE 802.1w 标准。

1.1.3　VLAN 的概念与原理

VLAN（Virtual Local Area Network）是虚拟局域网的简称，它是在一个物理网络上划分出来的逻辑网络。这个网络对应于 ISO 模型的第二层网络。VLAN 的划分不受网络端口的实际物理位置的限制。VLAN 有着和普通物理网络同样的属性，除了没有物理位置的限制，它和普通局域网一样。第二层的单播、广播和多播帧在一个 VLAN 内转发、扩散，而不会直接进入其他的 VLAN 中。所以，如果一个端口所连接的主机想要同和它不在同一个 VLAN 的主机通信，则必须通过一个路由器或者三层交换机，如图 1-6 所示。

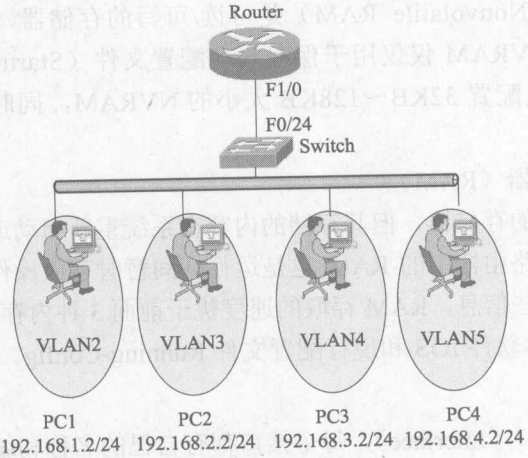


图 1-6　VLAN 示例

1.2　路由实验基础知识

1.2.1　路由器介绍

路由器的硬件主要由中央处理器、内存、接口、控制台端口等物理硬件和电路组成，如

图 1-7 所示。

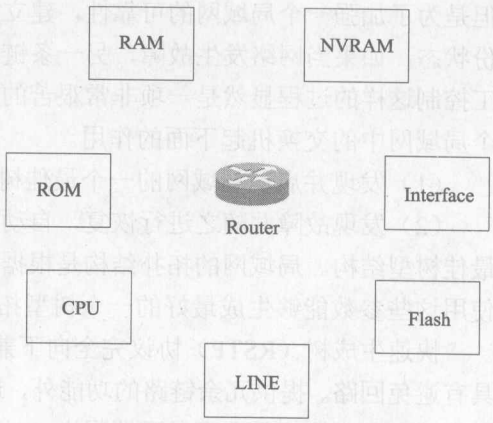


图 1-7　路由器的硬件组成

1．内存

路由器采用了以下几种不同类型的内存，每种内存都以不同的方式协助路由器工作。

（1）只读内存（ROM）

只读内存在路由器中的作用与计算机中的 ROM 类似，主要用于系统初始化等功能。ROM 主要有以下功能。

① 系统加电自检代码（POST），用于检测路由器内部各元件是否完好。

② 系统引导区代码（bootstrap），用于启动路由器并载入 IOS 操作系统。

③ 备份的 IOS 操作系统，以便在原有 IOS 被删除或破坏时使用，通常，这个 IOS 比主要用的 IOS 版本低一点，但足以使路由器启动和工作。

顾名思义，ROM 是只读存储器，不能修改存放在其中的代码，如果需要进行升级，则要更换 ROM 芯片。

（2）闪存（Flash）

闪存（Flash）是可读可写的存储器，在系统重新启动或者关机后仍能保存数据，Flash 中存放着系统主体软件 IOS，事实上如果 Flash 足够大，甚至可以存放多个 IOS 操作系统。

（3）非易失性 RAM（NVRAM）

非易失性 RAM（Nonvolatile RAM）是可读/可写的存储器，在系统重新启动或关机之后仍能保存数据。NVRAM 仅仅用于保存启动配置文件（Startup-Config），故其容量较小，通常在路由器上只配置 32KB～128KB 大小的 NVRAM，同时 NVRAM 的速度较快，成本也比较高。

（4）随机访问存储器（RAM）

RAM 是可读/可写的存储器，但其存储的内容在系统重新启动或关机后将被清除。与计算机中的 RAM 一样，路由器中的 RAM 也是运行期间暂时存放操作系统和数据的存储器，让路由器能迅速访问这些信息，RAM 存取的速度优于前面 3 种内存的存取速度。运行期间，RAM 中运行路由器主体软件 IOS 和现行配置文件 Running-Config。

2．接口

所有路由器都有接口（Interface），每个接口都有自己的名称和编号，一个接口的全名由它的类型标志与数字编号组成，编号从 0 开始。

对于接口固定的路由器或者模块化路由器，在接口的全名中，只采用一个数字，并根据它们在路由器中的顺序进行编号。例如，“Ethernet0”，表示第一个以太网口，“Serial1”表示第二个串口。

用于支持“在线插拔和删除”或具有动态更改物理接口配置的路由器，其接口全名称中至少包含两个数字，中间用“/”分隔，其中第一个数字代表插槽编号，第二个数字代表接口

卡内的端口编号。如 S3/0，代表位于 3 号插槽的第一个串口。

对于支持“万用接口处理器”（VIP）的路由器，其接口编号的形式为“插槽/端口号适配器/端口号”，如 Ethernet4/0/1 是指 4 号插槽上第一个端口适配器的第二个以太网口。

3．控制台端口

所有路由器都安装了控制台端口（Console），使用户或管理员能够利用终端与路由器进行通信，完成路由器配置。该端口提供一个 EIA/TIA-232 异步串行接口，用于在本地对路由器进行配置。特别需要注意的是，首次配置时必须通过控制台端口进行配置。路由器的型号不同，与控制台进行连接的具体接口方式也不同，有些采用 DB-25 连接器，有些采用 RJ-45 连接器。

4．辅助端口

多数路由器均配置了一个辅助端口，它与控制台端口类似，提供一个 EIA/TIA-232 异步串行接口，通常用于连接 MODEM，以使用户或管理员对路由器进行远程管理。

5．路由器加电启动过程

（1）系统硬件加电自检。运行 ROM 中的硬件检测程序，检测各组件能否正常工作，完成硬件检测后，开始软件初始化工作。

（2）软件初始化工作。运行 ROM 中的 bootstrap 程序，进行初步引导工作。

（3）寻找并载入 IOS 系统文件。IOS 系统文件可以存放在多处，至于到底采用哪个 IOS，是通过命令进行设置的。

（4）IOS 装载完毕，系统在 NVRAM 中搜索保存的 Startup-Config 文件，进行系统的配置。如果 NVRAM 中存在 Startup-Config 文件，则将该文件调入 RAM 中并逐条执行。否则，系统进入 setup 模式，进行路由器初始化配置。

1.2.2　IPv4 基础

IP 地址由 32 位二进制组成，为了书写和描述方便，一般用十进制表示。用十进制表示时，IP 地址分为 4 组，每组 8 位，范围为 0～255，组之间用“.”号隔开，比如“192.168.1.1”就是用十进制表示的 IP 地址。

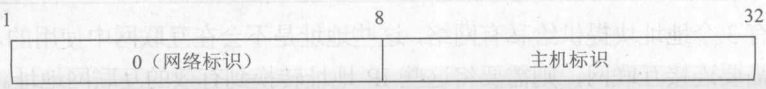
在 IP 网络上，需要为网络上的主机分配 IP 地址。如果用户要将一台计算机连接到 Internet 上，就需要向 ISP 申请一个 IP 地址。

IP 地址的长度为 32 位，由如下两部分组成。

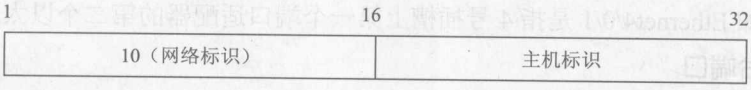
（1）网络号码字段（Net-ID）：网络号码字段的前几位称为类别字段（又称为类别比特），用来区分 IP 地址的类型。

（2）主机号码字段（Host-ID）：用于区分一个网络内的不同主机。

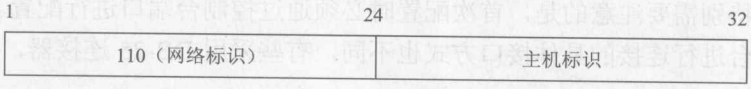
A 类地址，最高比特位为“0”，有 7 个比特位表示网络号，24 个比特位表示本地地址。这样总共有 128 个 A 类网络。



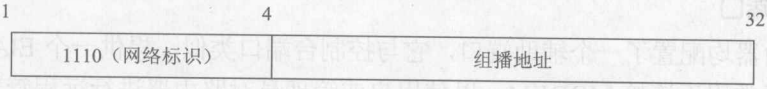
B 类地址，最高比特位为“10”，有 14 个比特位表示网络号，16 个比特位表示本地地址。这样总共有 16 348 个 B 类网络。



C 类地址，前 3 个最高比特位为“110”，有 21 个比特位表示网络号，8 个比特位表示本地地址。这样总共有 2 097 152 个 C 类网络。



D 类地址，前 4 个最高比特位为“1110”，其余比特位为组播地址。



说明

前 4 个最高比特位为“1111”的地址是不允许分配的，这些地址称为 E 类地址，属于保留地址。

在建设网络进行 IP 地址规划时，一定要根据建设网络的性质进行 IP 地址分配。如果建设的网络需要与互联网相连接，则需要到相应的机构申请分配 IP 地址。中国地区可以向中国互联网信息中心（CNNIC）申请，负责 IP 地址分配的最终机构为国际互联网名字与编号分配公司（Internet Corporation for Assigned Names and Numbers，ICANN）。如果建设的网络为内部私有网络，就不需要申请 IP 地址，但是也不能随便分配，最好分配专门的私有网络地址。

表 1-1 为保留与可用的地址列表。

表 1-1　保留与可用的地址列表

类　别	地 址 空 间	状　态
A 类网络	0.0.0.0	保留
	1.0.0.0~126.0.0.0	可用
	127.0.0.0	保留
B 类网络	128.0.0.0~191.254.0.0	可用
	191.255.0.0	保留
C 类网络	192.0.0.0	保留
	192.0.1.0~223.255.254.0	可用
	223.255.255.0	保留
D 类网络	224.0.0.0~239.255.255.255	可用
E 类网络	240.0.0.0~255.255.255.254	保留
	255.255.255.255	组播

其中专门有 3 个地址块提供给私有网络，这些地址是不会在互联网中使用的，如果分配了这些地址的网络需要连接互联网，则需要将这些 IP 地址转换到有效的互联网地址。如何进行地址转换请参考第 1.2.7 节的内容。表 1-2 为私有网络地址空间，私有网络地址由 RFC 1918 文档定义。

表 1-2　私有网络地址空间

类　别	IP 地址范围	网 络 数
A 类网络	10.0.0.0~10.255.255.255	1 个 A 类网络
B 类网络	172.16.0.0~172.31.255.255	16 个 B 类网络
C 类网络	192.168.0.0~192.168.255.255	256 个 C 类网络

1.2.3　RIP 路由协议

RIP（Routing Information Protocol）路由协议是一种相对古老，在小型以及同介质网络中得到广泛应用的一种路由协议。RIP 采用距离向量算法，是一种距离向量协议。RIP 在 RFC 1058 文档中定义。

RIP 使用 UDP 报文交换路由信息，UDP 端口号为 520。通常情况下，RIPv1 报文为广播报文；而 RIPv2 报文为组播报文，组播地址为 224.0.0.9。RIP 每隔 30s 向外发送一次更新报文。如果路由器经过 180s 没有收到来自对端的路由更新报文，则将所有来自此路由器的路由信息标志为不可达，若在 240s 内仍未收到更新报文就将这些路由从路由表中删除。

RIP 使用跳数来衡量到达目的地的距离，称为路由量度。在 RIP 中，路由器到与它直接相连网络的跳数为 0；通过一个路由器，可达网络的跳数为 1，其余依此类推；不可达网络的跳数为 16。

1.2.4　OSPF 路由协议

OSPF（Open Shortest Path First）为 IETF OSPF 工作组开发的一种基于链路状态的内部网关路由协议。OSPF 是专为 IP 开发的路由协议，直接运行在 IP 层上面，协议号为 89，采用组播方式进行 OSPF 包交换，组播地址为 224.0.0.5（OSPF 路由器）和 224.0.0.6（指定路由器）。

链路状态算法是一种与哈夫曼向量算法（距离向量算法）完全不同的算法，应用哈夫曼向量算法的传统路由协议为 RIP，而 OSPF 路由协议是链路状态算法的典型实现。与 RIP 路由协议对比，OSPF 除了算法上的不同，还引入了路由更新认证、VLSMs（可变长子网掩码）、路由聚合等新概念。即使 RIPv2 做了很大的改善，可以支持路由更新认证、可变长子网掩码等特性，但是 RIP 协议还是存在两个致命弱点：一是收敛速度慢；二是网络规模受限制，最大跳数不超过 16 跳。OSPF 的出现克服了 RIP 的弱点，使得 IGP 协议也可以胜任中大型、较复杂的网络环境。

OSPF 路由协议利用链路状态算法建立和计算到每个目标网络的最短路径，该算法本身较复杂，以下简单地、概括性地描述了链路状态算法工作的总体过程。

（1）初始化阶段，路由器将产生链路状态通告，该链路状态通告包含了该路由器的全部链路状态。

（2）所有路由器通过组播的方式交换链路状态信息，每台路由器接收到链路状态更新报文时，将复制一份到本地数据库，然后再传播给其他路由器。

（3）当每台路由器都有一份完整的链路状态数据库时，路由器应用 Dijkstra 算法针对所有目标网络计算最短路径树，结果内容包括：目标网络、下一跳地址、花费，这是 IP 路由表的关键部分。

如果没有链路花费、网络增删变化，OSPF 将会十分安静，如果网络发生了任何变化，OSPF 通过链路状态进行通告，但只通告变化的链路状态，变化涉及到的路由器将重新运行 Dijkstra 算法，生成新的最短路径树。一组运行 OSPF 路由协议的路由器，组成了 OSPF 路由域的自治域系统。一个自治域系统是指由一个组织机构控制管理的所有路由器，自治域系统内部只运行一种 IGP 路由协议，自治域系统之间通常采用 BGP 路由协议进行路由信息交换。不同的自治域系统可以选择相同的 IGP 路由协议，如果要连接到互联网，每个自治域系统都需要向相关组织申请自治域系统编号。

当 OSPF 路由域规模较大时，一般采用分层结构，即将 OSPF 路由域分割成几个区域（AREA），区域之间通过一个骨干区域互联，每个非骨干区域都需要直接与骨干区域连接。

在 OSPF 路由域中，根据路由器的部署位置，有以下 3 种路由器角色。

（1）区域内部路由器。该路由器的所有接口网络都属于一个区域。

（2）区域边界路由器。也称为 ABR（Area Border Routers），该路由器的接口网络至少属于两个区域，其中一个必须为骨干区域。

（3）自治域边界路由器。也称为 ASBR（Autonomous System Boundary Routers），是 OSPF 路由域与外部路由域进行路由交换的必经之路。

1.2.5 访问控制列表

访问控制列表（Access Control Lists），也称为访问列表（Access Lists），俗称为防火墙，在有的文档中还称为包过滤，是通过定义一些规则对经过路由器接口上的数据报文进行控制，允许通过或丢弃。

配置访问控制列表的原因主要有以下两种。

（1）限制路由更新。控制路由更新信息发往什么地方，同时希望在什么地方收到路由更新信息。

（2）限制网络访问。为了确保网络安全，通过定义规则，限制用户访问一些服务（如只需要访问 WWW 和电子邮件服务，其他服务如 TELNET 则禁止），或者仅允许在给定的时间段内访问，或只允许一些主机访问网络，等等。

1.2.6 DHCP 协议

随着网络规模的扩大和网络复杂度的提高，网络配置越来越复杂，经常出现计算机位置变化（如便携机或无线网络）和计算机数量超过可分配的 IP 地址的情况。动态主机配置协议 DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol）就是为满足这些需求而发展起来的。

与 BOOTP（Bootstrap Protocol）相比，DHCP 也采用客户/服务器通信模式，由客户端向服务器提出配置申请（包括分配的 IP 地址、子网掩码、缺省网关等参数），服务器根据策略返回相应配置信息，两种报文都采用 UDP 进行封装，并使用基本相同的报文结构。