



IP Routing Protocols: RIP, OSPF, BGP,
PNNI & Cisco Routing Protocols

IP 路由协议

[美] Uyless Black 著
金甄平 等译



IP 路由协议

IP Routing Protocols: RIP, OSPF, BGP,
PNNI & Cisco Routing Protocols

[美] Uyles Black 著

金甄平等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从基于 IP 的网络的核心和因特网本身考察路由协议,讲述了用这些协议构建和管理网络的基本原理。作者从路由搜索、体系结构和操作的基本原则开始,深入探讨了以下内容:RIP 和 OSPF 内部网关协议——实现、故障排除和变异;用 BGP 把内部网络连接到因特网;用 Cisco 的内部网关路由协议(IGRP)和增强型内部网关路由协议(EIGRP)实现企业联网;专用网络间接口(PNNI)——路由通告、网络拓扑分析和基于 ATM 的网络连接管理。本书自始至终集中考察了构建具有最大效能和健壮性的、伸缩性强的大型 IP 网络所需的技术,无论你是服务提供商还是企业联网的专业人士,这都是一本你要寻找的、简洁明晰的 IP 路由协议指导书。

Authorized translation from the English language edition published by Prentice Hall PTR Copyright © 2000

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Publisher.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry, Copyright © 2000

本书中文简体版专有翻译出版权由 Pearson 教育集团所属的 Prentice Hall PTR 授予电子工业出版社。其原文版权及中文翻译出版权受法律保护。未经许可,不得以任何形式或手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

IP 路由协议/(美)布莱克(Black, U.)著;金甄平等译. —北京:电子工业出版社, 2000.8

ISBN 7-5053-6105-8

I .1... II .①布...②金... III .计算机网络-传输控制协议 IV .TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 66826 号

书 名: **IP 路由协议**

原 书 名: IP Routing Protocols: RIP, OSPF, BGP, PNNI & Cisco Routing Protocols

著 者: [美]Uyless Black

译 者: 金甄平 等

责任编辑: 窦 昊

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室监制

印 刷 者: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.75 字数: 318 千字

版 次: 2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6105-8
TP·3251

印 数: 6000 册 定 价: 20.00 元

版权贸易合同登记号 图字: 01-2000-2078

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

前 言

本书是系列丛书《未来通信技术》中的一册,它的内容正如书名所示,主要讨论有关网络路由的发现方法以及它们在因特网中的应用。

本书内容所涉及的范围较为广泛,笔者希望读者通过本书的阅读,能够系统地建立网络路由的概念。按照这一宗旨,虽然我们在讨论中也会涉及到一些路由协议的细节,但基本上是以概要介绍为主。读者若要从事路由协议的设计,或是网桥和路由器的配置,单纯依靠本书的内容还是不够的。为此,读者除了与自己的项目组配合之外,还需要查阅有关路由操作的各种规范标准。

本书属于中高级技术读物,它要求读者具备有关数据通信的技术背景。

笔者殷切希望本书能够为读者的书库添加一本有价值的参考书。

关于本书附录

网络互联与路由搜索技术所涉及的概念很多,包括对各种 IEEE、ISO 以及因特网协议和标准的支持。相信大多数读者对这方面的内容已经比较熟悉了,因此,笔者不打算再在这些问题上花费时间。但考虑到某些读者在这方面的知识可能并不全面(甚至完全没有基础),为此,笔者将自己过去撰写的一些相关的培训讲义编入了本书的附录。建议读者在开始阅读本书之前最好能先粗略地翻阅一下本书的附录,然后有选择地阅读那些自己认为需要补充的内容。另外,在本书的讨论过程中,笔者也会就所讨论的问题不时地提醒读者查阅附录中必要的背景知识。不过一般来说,我们将尽可能只提及附录中相应的图表,以便让读者能够很快地确定是否需要继续阅读之前先转入附录内容的阅读。笔者希望能够通过这种方式来满足不同经验和背景的读者的需求。

关于版权

本书的内容主要是笔者在路由协议以及路由器配置等方面的经验总结。另外,笔者也参考了 Cisco 的用户手册以及有关路由协议的因特网 RFC 文件。考虑到 Cisco 产品在市场中的地位以及人们对 Cisco 路由器的广泛兴趣,本书的许多示例都是以 Cisco 产品为背景的。

再一次向因特网工作组(ITF)和因特网协会(Internet Society)表示由衷的感谢,感谢他们慷慨地批准本书使用因特网 RFC 文件。本书所提及的所有互联网络标准和标准草案的版权均属因特网协会(Internet Society)所有(1998)。

第1章 概 论

1.1 引言

本章首先就有关网络互联和路由搜索的一些基本概念进行介绍,并说明它们在通信网络中的重要性。随后,我们将就数据转发(forwarding)和路由通告的处理过程以及路由域的作用等进行定义。分层协议模型是我们讨论问题的基础,它可以帮助读者了解路由搜索协议在模型中所处的位置。最后,我们将对本书所要讨论的各种路由协议作一个概要的介绍。

1.2 网络互联的目的

所谓网络互联就是通过各种通信网络将相互独立的计算机连接在一起,从而实现计算机资源的共享。这里的通信网络既可以是公共网络,也可以是专用网络;既可以是本地网,也可以是广域网。

网络互联对于通信网络的运行效率有着至关重要的影响。这中间的原因很多,但它们都是与数据包限制^① (packet containment)的思想联系在一起的。

首先,对于一个企业来说,它们的网络不可能是单一的和同质的。这样,就存在网络间的数据分发需求。但这并不意味着网络中的每一个用户都希望接收来自其他网络的所有用户的数据。为此,我们必须为每个用户或用户组分配一个地址,让数据包可以根据这些地址来确定接收用户。

网络的这种地址概念是在电话网的基础上建立和发展起来的。在电话网中,用户可以通过区号、局号和本地线号来“选择”通话方。同样地,在网络中也可以通过类似的方法将通信限制在特定的用户或用户组之间。也就是说,我们可以将通信限制在一定的“域”内,而不必发送给网络中的所有用户。

其次,网络用户要求能够根据需求来决定不同网络间的连接或隔离,这对于保证网络的性能也十分重要。就拿网络隔离来说,当某个网络出现故障时,通过隔离措施可以使其不会影响到其他网络的运行。另外,不同的网络可能有不同的安全要求。我们通过在网络中采用适当的安全措施可以防止来自其他网络的用户入侵。

最后,有些网络的设计本身就是要使一个用户发送的信息能够被网络上所有用户接收到(读者可能已经熟悉这一概念,这就是所谓的广播网络)。我们可以先将这些网络分割成一些独立的“域”,再利用网络互联单元(例如交换机)将这些网络连接在一起。这样,我们就有可能对这些网络间的通信信号量加以限制了。

^① 在本书中,所谓数据包主要是指计算机间通过通信链路传送的通信数据单元。在一些文献和书籍中,还有有关数据包的其他一些称谓。有关具体情况请读者参阅附录 A 中的图 A-10。

1.3 路由搜索的概念

通过网络互联实现信息的交换,这只是问题的一个方面。为了保证信息在这些网络中的高效传输,我们还需要有一种搜索传输路径的方法,以便在网络用户之间存在的众多节点(路由器、服务器、工作站等)和路由中寻找出一条确定的“最佳”路径(路由)。

按照用户对通信要求的不同,这里的“最佳”路径标准也不尽相同。例如,对于实时视频会议系统来说,其最佳路由应具有稳定的最小迟延的特点;而对于银行资金数据的传输来说,其最佳路由应能够提供加密服务。

无论我们这里的“最佳”包含的意义如何,这种路由的确定都会涉及到路由搜索的操作,这也正是本书所要讨论的主题。简单地说,所谓路由搜索就是在互联网络^①的两个或多个节点之间查找一条最佳路由的过程。

1.4 网络互联的定义

所谓网络互联单元(internetworking unit)(IWU)就是在网络间执行通信中继(或许还包括路由搜索)功能的设备。

我们通常把图 1-1 中所示的网络称作为子网(subnetwork),这倒不是因为这些网络所提供的功能要比常规网络少,而是相对于整个互联网络而言。换句话说,互联网络就是由这些子网组成的。

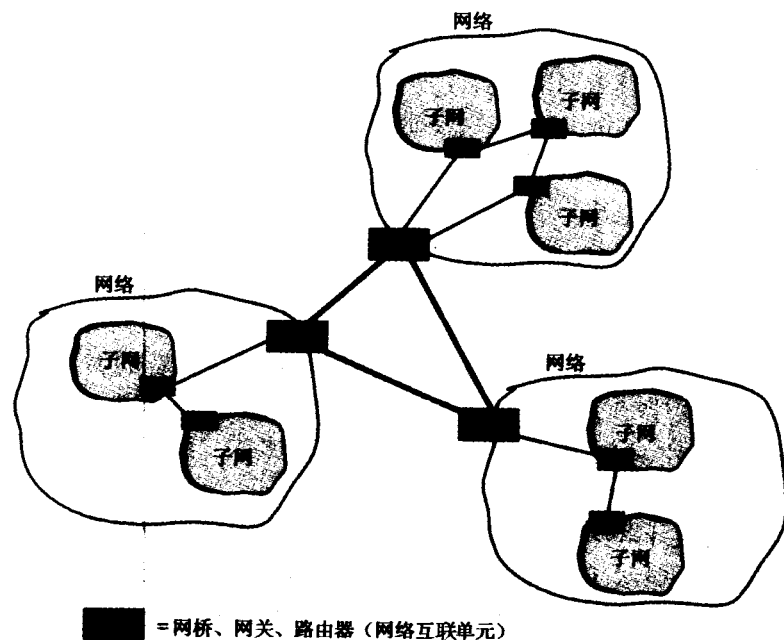


图 1-1 网络互联概念

^① 在本书中我们约定,以大写字母 I 开头的 Internet 一词表示公共的因特网,而以小写字母 i 开头的 internet 一词代表专用的互联网。

IWU 的设计对于终端用户的应用来说是透明的。终端用户的应用一般都是驻留在网络主机上的,很少有在 IWU 上的。这种做法有几个好处。首先,由于 IWU 不涉及用户应用,所以,它不必负担应用协议的负荷,只要专注于网间通信流量管理等少量任务就可以了。其次, IWU 无需考虑诸如数据库访问、电子邮件和文件管理等应用级的功能。

有关网络互联单元的叫法还有许多,如网桥、网关和路由器等(如图 1-1 所示),这些我们将在本章的后面具体讨论。

1.4.1 网络互联与协议栈

最初的数据网络概念主要是针对一些计算机数量相对较少的小型系统而言。随着数据通信业务量的增加,人们为了实现资源共享、功能分布以及管理控制,从而产生了网络互联的需求。另外,有些局域网(LAN)由于其自身连接距离的限制,常常也需要通过诸如网桥和路由器等设备来实现网络间的互联。

图 1-2 给出了这些网络互联设备与分层协议模型间的对应关系。读者如果对分层协议模型不很熟悉的话,可以参阅本书附录 A 的内容。另外,在附录 B 中,我们还对讨论中所涉及的网络地址的概念进行了说明。

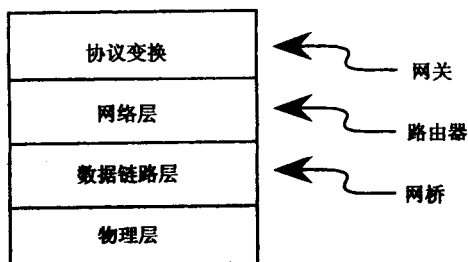


图 1-2 网络互联操作的位置

网桥(bridge)运行在数据链路层(分层模型的第 2 层)。典型的网桥采用介质访问控制(MAC)地址实现数据的中继功能,从而完成一个局域网(LAN)到另一个局域网的数据包转发。

总的来说,网桥是一种功能很弱的设备。尽管有些网桥产品可以用于不同局域网(如 FDDI LAN 和以太网)的连接,但一般来说,它所连接的网络都是同质的(如以太网)。另外,网桥只能连接局域网,不能连接广域网(如帧中继等)。

路由器(router)运行在网络层(分层模型的第 3 层),它的网间数据包中继采用的是网络层地址(如 IP 地址)。路由器的能力比网桥强大得多,它不仅具备流量控制能力,还可以提供诸如帧中继的网络接口。

所谓网关(gateway),它所描述的是网络中的这样一种实体(一台机器或一个软件模块),它可以完成网络中的数据包中继,并具有协议变换和映射能力。例如,我们可以利用网关来实现网络节点间的通信中继,并完成不同类型应用或路由协议间的变换。后面我们还会对网关的概念作进一步的讨论。

以上我们分别介绍了网桥、路由器和网关的概念,三者之间虽然存在一些差别,但它们有一点是共同的,那就是实现网络通信的中继。为此,有人为了避免混淆而将这三者统称网络互

联单元(IWU)。

1.5 网络互联与因特网

每一个使用因特网的人都知道,在过去的几年中,因特网的增长速度非常迅猛。图 1-3 反映的是因特网路由表体积的增长趋势,它从一个侧面反映了整个因特网的扩张规模 [MOY98]^①。

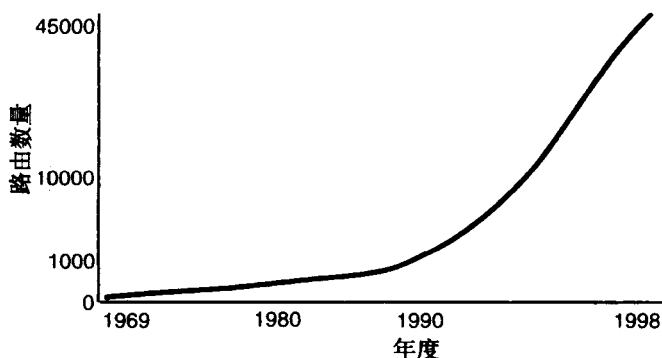


图 1-3 因特网路由表体积的增长趋势

在因特网建立之初,它的节点和主机数量并不很多。但随着用户的增加,特别是在因特网成为一个商业网络之后,它固有的易用性特点得到充分的体现,整个网络的主机和路由器数量开始急剧增加。由此带来的直接后果就是路由表中的网络地址数量急剧膨胀,这些地址都是路由器在处理数据包转发决策时需要使用的。

大量的网络地址汇集在路由表中,大大增加了路由器的工作负荷。因为每一个到达数据包的目标地址都要与路由表中的每个地址项进行比较,以便确定其下一个转发路由节点。另外,路由表体积的增加也使负责这些地址通告的路由协议的负担大大加重。

迄今为止,上述的这种情况并未得到根本的解决。但通过聚合地址的方法,即将多个 IP 节点合并成一个 IP 地址对外通告,情况还是得到了一定程度的缓解。在本章的后面,我们还将对这一问题进行讨论。

1.5.1 因特网的连接

因特网用户一般都是通过因特网服务提供商(ISP)与因特网连接的,而各个 ISP 之间则按照所谓对等排列(peering arrangement)协议连接在一起。这种排列方式可以让 ISP 为各自用户间的信息交换提供支持。这种信息的交换主要发生在位于因特网关键部位的“核心”路由器上。

所谓核心路由器就是位于因特网主交换点上的路由器,它们又被称作网络接入点(Network Access Point, NAP)、城域交换站(Metropolitan Area Exchange, MAE)或商用因特网交换

^① [MOY98] Moy, John T., OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol, Addison-Wesley, 1998.

站(Commercial Internet Exchange, CIX),各个 ISP 都是连接在这些路由器上的(见图 1-4)。NAP 的任务就是完成 ISP 之间以及各网络之间的通信信息交换。一般来说,NAP 的连接速度必须达到 100Mbit/s,因此,它们的本地网络都是采用 FDDI(光纤分布数据接口)、100BASE-T(100Mbit/s 快速以太网)或 1000BASE-T(千兆位以太网)实现的。另外,有些 ISP 还会采用 ATM 交换机和 SONET 链路与其他 NAP 以及更大的 IPS 实现连接。

图 1-4 中给出了目前运营在美国的 11 个 NAP 的名称。在这些 NAP 中,有些被称作 MAE;有些是按照联邦因特网交换站(FIX)进行命名的;还有一些则是基于 CIX 的。FIX 是由 NSF 建立的,主要用于支持联邦区域网络。CIX 则是由公共因特网服务供应商(ISP)建立的。

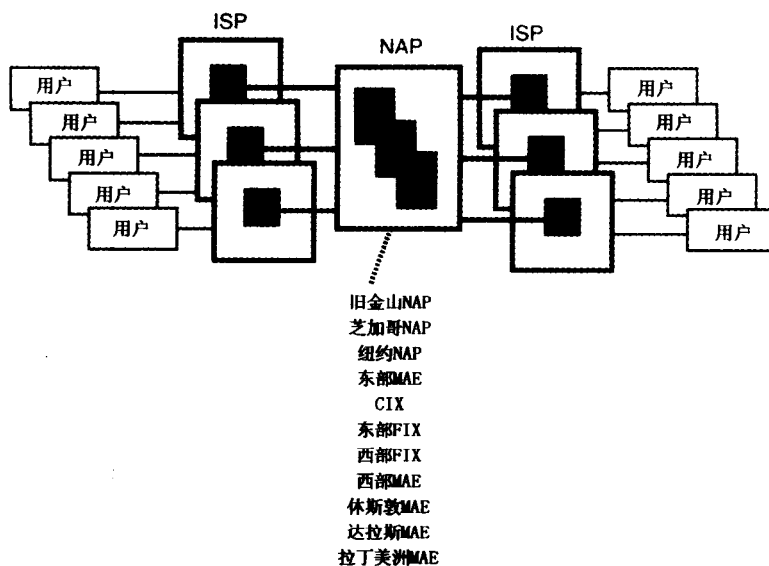


图 1-4 网络接入点(NAP)的位置

NAP 的概念还是在美国国家科学基金(NSF)负责因特网管理的时候提出的。最初的时候只有 4 个 NAP(NSF-Awarded NAP),以后随着因特网的发展,又建立了一些 NAP(如图 1-4 所示)。读者如果希望了解有关 NAP、MEA 以及因特网网络拓扑的更多情况,可以访问网址 www.boardwatch.com。

在核心路由器中,路由表的表项已经超过 45 000 项。很显然,采用何种方式访问这些路由表在很大程度上决定了路由器的通信支持能力,而这种路由器的通信量一般都在每秒上万个数据包的水平。

但对于大多数位于因特网边界的路由器来说,它们的路由表中并不包含所有的路由。为此,它们常常利用路由表中的某个缺省项将 IP 数据包导向到缺省的路由器上。

1.6 转发与路由

有关网桥及路由器等网络互联单元在网络中的作用我们将在第 3 章中讨论,这里我们只介绍这些设备用到的两种协议:一种是负责源用户与目标用户之间的数据包中继的,让我们称之为协议 a;另一种是负责搜索数据包从源到目标的传输路由的,我们称之为协议 b。不幸的

是,有关这两种协议的名称至今尚未统一和明确。图 1-5 是这两种协议的名称以及它们之间的关系。

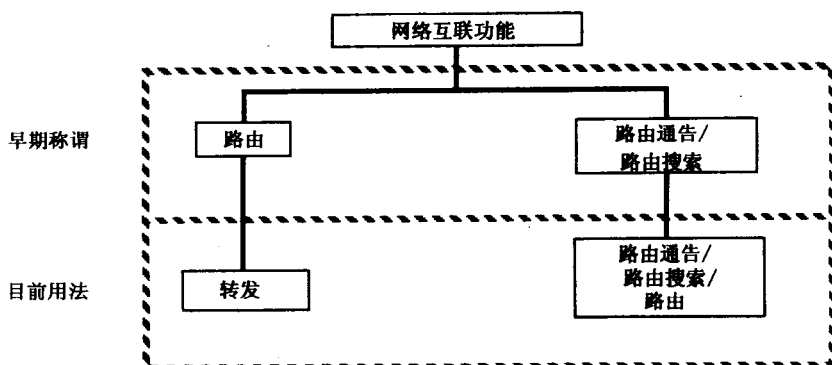


图 1-5 协议的名称和概念

人们在早期的时候通常把协议 a 称作路由(routing)协议,而把协议 b 称作路由通告(route advertising)协议或路由搜索(route discovery)协议。但在目前的业界中,虽然这后一种名称仍在使用,但路由(routing)一词已被用来表示协议 b,而协议 a 则改称为转发(forwarding)协议。在本书的讨论中,为了保持与业界流行趋势的一致性,我们将采用这种新的称谓形式。但对于网络互联单元(IWU)中用于实现数据包转发的地址表,我们仍旧称其为路由表(routing table)。

总而言之,我们在网络互联的过程中会涉及到这样两种协议:

- 转发协议:即利用路由表来确定数据包的转发策略。
- 路由协议:即通过路由通告来获取有关路由的知识,并创建供转发协议使用的路由表。

路由表并不一定要由路由协议来产生。在某些情况下,路由表可以通过人工进行设置;而在另外一些情况下,它们也可以通过诸如地址解析协议(Address Resolution Protocol, ARP)等协议来产生。

1.7 网关的概念

在本章前面的讨论中,我们还曾提到网关(gateway)一词。实际上该术语的含义也是多重的,甚至有些厂商还将网关一词直接作为其产品的名称。笔者本人首次遇到网关一词还是在早期从事 ARPAnet 网(即目前的因特网)工作的时候。当时的网关是指 ARPAnet 网中负责将用户连接到 ARPAnet 骨干网的节点。这些网关节点的功能之一就是为用户节点提供路由搜索的操作。这些早期的路由协议称作网关协议。

多年以来,网关协议一词一直是用来表示图 1-5 中的路由通告或路由搜索功能。即使是在目前的许多文献资料中,当涉及网关协议一词时,它们的含义也是如此。

另外,网关协议一词有时又与诸如电子信函和文件传输等高层应用功能(见图 1-2)相关联。例如,电子信函网关是负责组织内部的专用信函与因特网信函之间的数据包转换的,而文

件传输网关则是负责两个不同文件传输系统之间的数据转换的。

有趣的是,有些 IWU 的设计是专门用于不同类型网络的 2 层或 3 层互联的。例如,在 LAN 环境下,有时需要实现以太网与令牌环网之间的网络互联。这时的 IWU 实际上是一个 2 层网关。而在另外一些情况下,可能需要实现不同类型的广域网(WAN)互联(如基于 IP 的网络与 X.25 网络之间),此时的 IWU 是一个 3 层网关。

总之,我们希望通过以上的讨论让读者了解这样一点,即路由器和网关的概念在某些情况下是没有差别的。另外,网关一词本身还存在各种不同的用法。

1.8 路由协议在协议栈中的位置

在前面的讨论中我们已经知道,路由搜索是发生在 2 层或 3 层地址上的。在本节的讨论中,我们将对分层模型以及路由协议在协议栈中的位置做进一步的说明。图 1-6 是路由搜索协议在因特网分层模型结构中的位置示意。

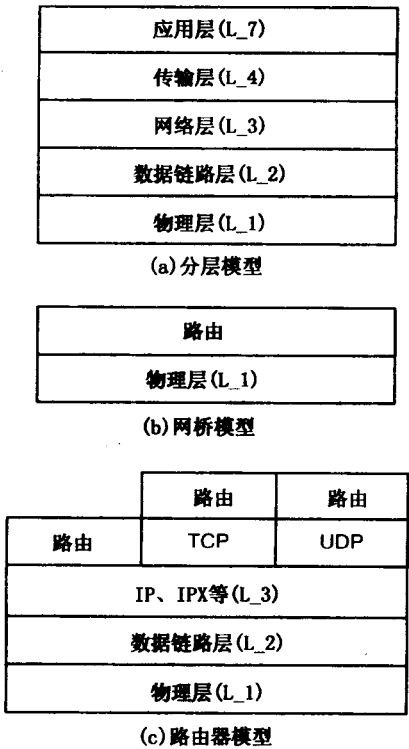


图 1-6 路由协议与协议栈

图 1-6(a)是常规的因特网分层模型,有关该模型各层功能的说明见附录 A。图(b)是网桥模型。我们知道网桥是工作在数据链路层的,它的地址对象是 MAC 地址,它的设计是针对 LAN 网络互联的。

我们这里重点讨论图 1-6(c),即路由器模型。从图中我们可以看到,路由协议可以运行在

3个不同的层面上:首先,有些协议的运行可以不需要第4层(TCP或UDP),它们直接工作在IP和IPX之上;其次,有些路由协议是运行在TCP之上的;再次,还有一些路由协议是运行在UDP之上的。

1.9 路由域

路由域的概念如图1-7所示,它对于本书讨论的内容十分重要。路由域属于一种管理实体,尽管影响路由域范围的因素很多,但它最终是由网络管理员(如ISP)决定的。这里所说的路由域范围就是它所涉及的网络或子网的数量。一个小型的路由域可能只有几个子网构成;而一个大型路由域可能涉及多个网络。对于一个路由域来说,它的大小概念是相对的,建立路由域的目的是为了确定路由信息分发的边界,并最终实现对数据包数量的限制。如果一个域包含的网络数量较多,那么,它所涉及的路由交换的数据包数量也要多一些。

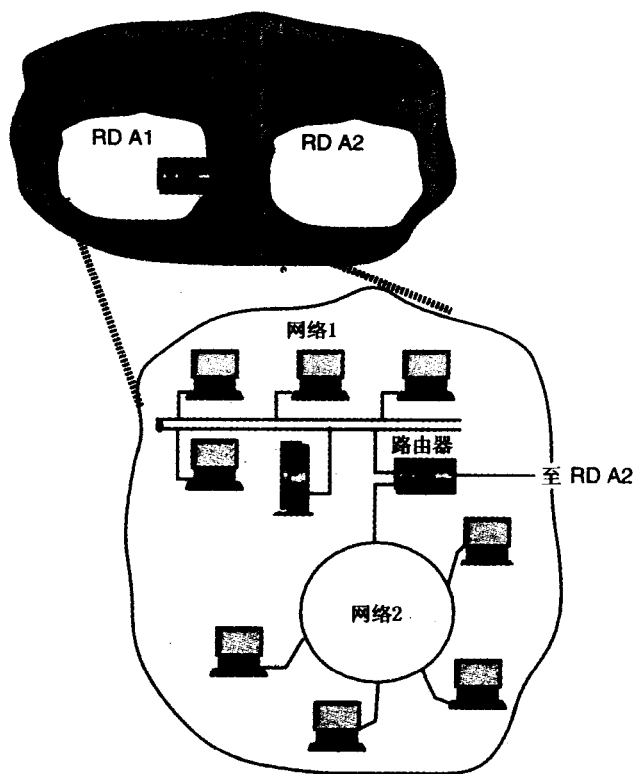


图 1-7 路由域

另外,路由域的概念在网络的安全管理上也十分有用。例如,对于某个组织的路由域来说,它可能包括一些可信网络,即这些网络所采取的安全措施是十分有限的,它们通过位于路由域边界上的防火墙来过滤进出路由域的信息。事实上,路由域的安全策略完全可以禁止某种类型的信息的通过。如果通信信息真正能够穿越某个特定的网络,则我们称这种网络是敞通(pass-through)网络。

对于某些网络来说,路由域还可以提供另外一种功能,即账户和计费服务。显然,如果网络管理员无法对路由域和通信量进行控制,他就根本不可能实现服务的收费。

图 1-7 显示了各种部件在路由域内部的配置形式。一般来说,为了优化路由通告,路由域通常都采用分层结构。在本例中,路由域 A(RD A)就是 RD A1 和 RD A2 两个子域构成的。对于某个通信来说,如果它的传输不超出路由域 RD 的范围,它就无需了解该域以外的任何其他节点的信息,也无需对外通告自己的路由,这就达到了对数据包数量的限制目的。

在 RD A1 子域中,分属于网络 1 和网络 2 的主机和服务器都是通过路由通告数据包来了解相互间的存在的。如果这些主机或服务器的数据收发均不与域外发生关系(这对于一个企业专用网络来说是很常见的),则对于其他域而言,它们也无需了解有关这些主机和服务器的情况。

在多数情况下,路由器的作用就如同一个管道,它一方面负责域内终端用户的进出通信信息的传递,另一方面负责路由域之间的路由通告信息的传递。

在许多情况下,我们还可以指定某个路由器专门负责网络或路由域的路由通告任务。另外,当网络存在多个路由器时,我们还可以指定某个路由器为基本路由器。

1.9.1 路由域克服了“扁平网络”的问题

不同域之间的路由通告信息都是经过“过滤”的。也就是说,并不是域中的每一个通告数据包都会发送到另一个域中去,取而代之的是它们的汇总或集聚合信息。这也正是分层路由域设计以及数据包限制思想背后的核心所在。

分层的概念避免了扁平网络(flat network)拓扑的弱点。在一个扁平网络结构中,网络中的每一个交换节点都需要维护一个有关整个路由域,甚至多个路由域的网络拓扑路由表。这对于一个大型网络几乎是不可能的。而路由分层的概念则大大改善了这种大型网络的伸缩能力。

1.9.2 其他域主机的识别

我们前面提到,分层路由域是建立因特网或实现网络互联的一种常用的方法。在图 1-8 中,我们把前面介绍过的两个路由域(RD A 和 RD B)连接在一起。两个域的路由器分别被设置为域边界路由器,它们各自负责其相应域的路由信息交换。

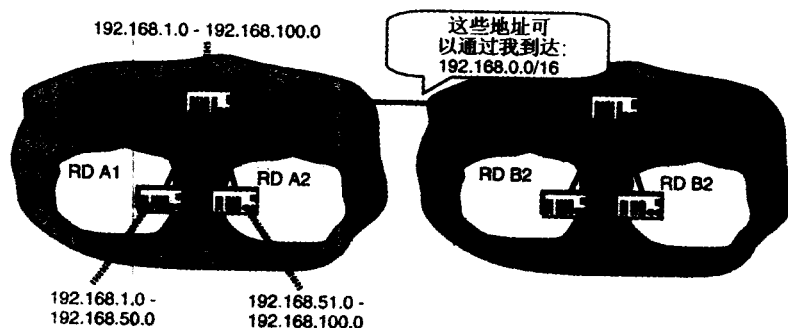


图 1-8 高层路由域(RD)的连接

图 1-8 网络的层次结构是这样的:RD A 由 RD A1 和 RD A2 两个路由域构成;同样, RD B 也是由 RD B1 和 RD B2 两个路由域构成。4 个“子域”又各自分别指定有一个(或多个)路由器,负责其相应域的路由通告。

在以上的网络互联中,我们之所以采用分层方式,就是希望通过路由域来实现汇总路由或聚合路由的通告。例如, RD A 域的路由器只需要一个路由通告数据包就可以将域中的多台主机或网络同时通告出去。

假设 RD A 域所涉及的网络地址范围为 192.168.1.0 至 192.168.100.0。也就是说,它是通过第 3 位地址来区别不同网络的(也就是常说的子网),而地址的第 4 位则用来确定这些网络中的主机。而 RD A1 和 RD A2 分配的网络地址范围分别为 192.168.1.0 至 192.168.50.0 和 192.168.51.0 至 192.168.100.0。

RD A 的域边界路由器在向 RD B 的域边界路由器发送通告数据包时,它只需指出所有 IP 目标地址以 192.168 打头的数据包都送到 RD A 域来就可以了。这就是图 1-8 中“192.168.0.0/16”所表达的意思。

这里的数字 16 又称作为前缀,它起地址掩码的作用。它的具体含义是说,该地址掩码的长度为 16,它覆盖网络地址中的前 16 个连续位,也就是 192.168。

如果我们假设在 RD A 域的 100 个子网中,每个子网的主机数量都可以达到 254 台。则按照我们上面这样一个简单的路由通告就可以实现 $254 \text{ 台主机} \times 100 \text{ 个网络} = 25\,400 \text{ 个地址}$ 的路由通告。另外,在域路由器的路由表中,我们也不再需要存储这 25 400 个主机地址,只要记住它们的聚合地址和前缀就可以了。当然,当 IP 数据包最终到达它的目标子网时,它仍需要通过完整的 IP 地址(包括主机号)才能转发到正确的主机上。

好了,有关地址聚合以及前缀的问题我们就讨论到这里。如果希望了解这方面更详细的内容,请参阅本书的附录 B。

1.10 多路由协议

在大多数的路由域中,通常并不只存在一种路由协议。造成这种情况的原因很多。首先,随着路由管理技术本身的改进和发展,新的协议会不断出现,但对于原有系统而言,它们仍需要使用传统的协议。

其次,就路由协议本身来说,虽然它们有些是由厂家开发的,有些是由标准组织提出的,但它们之间究竟孰优孰劣并无定论。这就难免形成有些网络支持这种路由协议,而另外一些网络支持另外一种协议的情况。

另外还有一种原因,即不同的网络,它们的需求是不同的。这种需求的差异造成其路由域内部路由管理的要求不同,从而也就决定了它们不可能与域间路由协议完全相同。

例如,在某些域中,它可能强调网络变化时的路由计算和路由表更新的快速性。而在另外一些域中,路由的更新速度可能并不重要,但由于域中的地址数量有限,它可能更强调地址的聚合能力。

一般来说,与域内的路由管理策略相比,人们可能更加关心域间的路由管理策略。在域内,人们所关心的不外乎是最佳路由问题。当然,对于域间来说,最佳路由问题也很重要,但这种最佳路由往往受到域间路由管理策略的制约。就拿两个 ISP 之间的域间路由来说,由于它们是由两方面同时进行对等管理的,出于管理上的考虑,ISP 之间的“最佳”路由实际上是不可

能实现的。

由于上述各种不同需求的存在,以及考虑到不同路由协议的设计都是针对特定需求的,所以,人们往往同时采用多种路由协议。

1.11 路由协议的设计目标

我们知道,路由器和网桥都是利用路由通告信息来计算路由和确定路由表的。这就涉及到路由的算法问题,而这种算法对于整个路由结构起着非常重要的作用。

网络设计和管理人员在经过对不同的路由算法特点的仔细评价和归纳之后,总结出了路由算法设计的 5 个设计目标[THOM98]^①,这 5 个目标如图 1-9 所示。

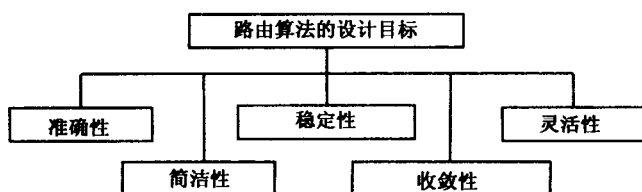


图 1-9 路由算法的设计目标

路由算法设计的首要目标就是准确性。这一点是不言而喻的,一种路由算法无论如何简洁、稳定,如果它不能按照“最佳”路由的准则计算并选择准确的路由,就不会有任何存在的价值。当然,这里的最佳路由要取决于度量准则的确立以及算法对这些度量的运用。

其次,无论对于路由器或网桥来说,路由管理都是一种额外的开销,它不应占用过多的资源。因此,路由算法应尽可能的简单,以减少对内存和 CPU 处理能力的消耗。

再次,路由算法必须稳定,特别是在出现异常通信模式或大容量通信的情况时,不应引起路由算法的失效。退一步讲,即使是出现失效,也不应造成路由能力的完全丧失。显然,这里的稳定性目标应该属于准确性目标的一个方面。

路由算法的另一个设计目标就是快速收敛性。这里所谓的收敛意味着路由域中的所有路由设备的信息必须一致。也就是说,当网络出现变化,需要对域中的路由进行重新计算时,不仅所有网络节点的路由计算和信息更新要快,而且它们能够很快达成一致(收敛)。

路由算法的最后一个设计目标就是灵活性。具体来说,就是一个路由算法应该能够适应多种不同的路由准则;应该能够支持默认路由;应该能够允许路由域的分层;应该具备对同一目标的单路径和多路径支持等。

对于不同的路由协议和算法来说,它们在这 5 个设计目标的实现上是存在差别的,有关这一点我们会在下面具体谈到。

1.12 路由协议概述

目前,无论是公共互联网还是专用网络都存在着各种不同的路由协议实现,其中有些协议

^① [THOM98] Thomas, Thomas M II, *OSPF Network Design Solutions*, Cisco Press, Macmillan Technical Publishing, 1998.

已经成为国际标准。表 1-1 是本书准备讨论的各种路由协议的汇总。

表 1-1 路 由 协 议

路由信息协议(RIP)
主要面向广播局域网
目前已被广泛采用,存在多个不同的版本
开放最短路径优先(OSPF)协议
为克服 RIP 等协议的某些限制而设计
目前已被广泛采用
IS-IS(中间系统-中间系统)协议
由 Digital 公司设计,已成为 OSI 标准的一部分(与 OSPF 协议类似)
边界网关协议(BGP)
克服了 EGP 协议的某些限制
多用于 ASP 间的路由协议
域间路由协议(IDRP)
一种基于 OSI 标准的路由协议
PNNI(专用网络间接口)协议
一种新的协议
基于 ATM 网络应用
内部网关路由协议(IGRP)和增强型 IGRP 协议(EIGRP)
Cisco 公司的“RIP”协议,具有路径度量通告等改进措施

首先,让我们稍微回顾一下路由协议的发展历史。对于因特网来说,它的早期路由协议是网关-网关协议(Gateway-to-Gateway Protocol, GGP),该协议最初是为 ARPAnet 骨干网设计的。但由于它的开销过大,并存在某些操作上的限制,所以,今天我们已经看不到该协议的使用了。替代 GGP 协议的是外部网关协议(External Gateway Protocol, EGP)。该协议克服了 GGP 的某些不足,并在一段时间内成为网络间路由的主流协议。但 EGP 协议目前也已经被淘汰。作为本书以后各章讨论内容的一个序幕,我们的讨论还是从目前存在的各种路由协议开始。

路由信息协议(Routing Information Protocol, RIP)是由 Xerox 公司 Palo Alto 研究中心(PARC)设计的。尽管该协议目前已经在许多 WAN 网络中得到应用,但它原来的设计目标却是针对 LAN 网络的。RIP 协议从一推出就暴露出了不少设计上的缺陷,但随着 RFC 和厂商的各种解决方案的推出,这些缺陷已部分得到改善。

开放最短路径优先(Open Shortest Path First, OSPF)协议是针对 RIP 协议存在的问题而设计的一种路由协议,并已得到广泛应用。OSPF 协议在 OSI 协议栈中的等效协议是 IS-IS(中间系统-中间系统)协议。但 IS-IS 协议并未应用于因特网(其他地方的应用也不多见),所以,本书不准备对该协议进行讨论。

边界网关协议(Border Gateway Protocol, BGP)主要实现因特网中不同路由域间的路由通告,它克服了原有 EGP 协议中的许多问题。BGP 已经成为因特网的一个主流协议,并主要用

于各 ISP 路由域间的路由处理。

域间路由协议(Interdomain Routing Protocol, IDRP)是一个基于 OSI 的协议。由于该协议在北美的应用不多,因此,我们没有把它纳入本书的讨论范围。

PNNI(专用网络间接口)协议是业界相对较新的一种路由协议,它主要基于 ATM 网络的应用。它的功能包括两个方面:(a)路由通告和网络拓扑分析;(b)连接管理(ATM 连接的建立和拆除)。

内部网关路由协议(IGRP)和增强型 IGRP 协议(EIGRP)是 Cisco 公司推出的两个专有路由协议。在许多系统中,EIGRP 协议已经替代了 IGRP 协议。这两个协议与 RIP 协议很类似,但它带有一些强化的特性。

1.13 小结

所谓网络互联,就是通过通信网络将各种独立的计算机连接在一起,从而实现计算机资源的共享。这里的通信网络可以是公共网络、专用网络、本地网络或是广域网络。所谓路由搜索就是在网络互联域(或路由域)中查找“最佳”路由的过程。无论是网络互联形式,还是路由搜索方法,它们都对通信网络的运行效率有着重要的影响。

网桥、路由器和网关都属于网络互联设备。网桥的设计主要用于局域网(LAN)间的互联;路由器则既可以用于局域网(LAN)的互联,也可以用于广域网(WAN)的互联;网关的功能可以实现网络数据包的中继转发,也可以实现通信协议的变换。