

IP路由技术综述

张宏丽 内蒙古师范大学传媒学院, 内蒙古 呼和浩特 010022
武 剑 南京邮电大学, 江苏南京 210046

摘要: 因特网的高速增长给路由系统带来了巨大的压力。IP路由查找操作已经成为路由器转发性能乃至因特网整体性能的主要瓶颈之一。本文通过深入研究业界提出的关于IP路由的多种解决方案, 提出了IP路由未来的发展方向。

关键词: 因特网; IP; 路由查找;

中图分类号: G4 文献标识码: A 文章编号: 1003-9767 (2010) 03-0108-02

一、IP协议简介

IP (Internet Protocol)协议是TCP/IP协议族中两个最重要的协议之一。IP协议是以信息包为基础的协议, 位于OSI七层模型中的网络层, 同时还有地址解析协议ARP, 逆地址解析协议 RARP, Internet控制报文协议ICMP (Internet Control Message Protocol)与之配套使用。IP协议通过计算机网络交换数据、处理寻址、分割、拼接及协议信号分解, 它是所有其他IP协议套件的基础。

IP协议工作在网络层, 它与数据链路层形成了鲜明的对比。网络层的功能是将源端发出的分组经各种途径送到目的端, 数据链路层仅将数据帧从导线的一端送到其另一端。可见网络层是处理端到端数据传输的最底层。因此, 决定了IP路由寻址最根本的任务就是进行地址转换^[1]。

IP协议的路由功能是由路由器实现的。路由器其实是一种专用计算机, 具有CPU、内存和网络接口等硬件, 能在多个网络和介质之间提供网络互联的能力。一个典型的网络, 包含了一定量的局域网和广域网, 在这种路由器连接的网络中, 有一个选择最短路径进行通信的问题, 如果某条通道坏了, 有选择另一条通道把信息传出去的能力, 我们称之为路由路径选择^[2]。路由器工作在OSI七层模型的网络层, 它通过执行路由算法, 路径选择将报文分组从物理连接的一端传送到另一端, 最终实现点到点的通信。概括起来, 路由器的基本功能有两个: 一是直接将报文发送到正确的目的地; 二是维持路由器用来决定正确路径的路由选择表。

二、IP协议的路由

IP协议的路由功能是由路由器实现的, 当路由器接收到一个报文, 它抽出报文中的目的地址, 然后, 从目的地址中找出目的地的网络号查找路由选择表寻找与目的地址中网络相匹配的项。每个路由选择表项包含了用来转发报文的接口信息, 也就是到目的地路径中的下一个路由器的地址。路由器的第二个工作, 是维持路由选择表。这些表是由网络管理者创建的, 或通过与其它路由器交换路由信息创建。当一个路由器初始引导时, 它只知道与它直接相连的接口, 如果网络中的路由器正在运行路由选择协议, 当路由器知道与它相邻接的路由器相连的网络时, 新的路由表项将被创建每个路由选择表项都被标识一个字符, 该字符表示路由信息的源端。

1. 路由查找

整个路由过程中, 查表算法的优劣直接影响了当前和未来因特网网络的整体性能。当前, 因特网的规模、链路速度、带宽、流量等都呈指数级增长^[3], 这对路由器中IP路由查找算法对大容量路由表处理的适应性以及报文转发查表的能力提出了更高要求。路由器是构成因特网的中间节点, 其转发性能决定了因特网的整体性能。因此, IP路由查找操作已经成为了当前路由器转发性能的瓶颈之一^[4]。其实路由查找问题本身很简单, 但由于其对性能要求很高, 因此有很大的难度。通常评价IP路由查表算法的标准主要有高速查找、内存需求小、更新时间短、实现的灵活性强、能够处理真实的大容量路由表以及预

处理时间短等。IP路由查找方案可以分为以下几类: (1) 基于精确匹配的改进方案: 这种方案一般效率不高, 为了找到最佳结果, 一般需要 $\log 2N$ 步 (N 为路由表项的数目); (2) 层次方案: 这是普遍采用的一种查找方案, 在BSD内核中得到实现。它最坏情况下的复杂度为 $O(W)$, 而且需要32或128次 (分别对应IPv4和IPv6) 存储访问, 效率也不高; (3) 硬件实现: 这种方法需要昂贵的内容寻址存储器, 而且扩展性不好; (4) 基于协议的解决方案: 现在的IP交换和标记交换技术就属于这种方式; 这种方案也无法完全避免搜索, 特别是边界路由器仍然需要执行繁重的路由决策^[5]。

2. 软件路由查找算法

软件路由查找算法主要有基于二分支的算法, 基于多分支的算法, 还有前缀维度上的二分搜索算法、最差性能受限的近似最优路由查找算法、多路前缀值范围搜索树算法等。

基于二分法的算法有Redix Rrie、Patricia、Multiway 和 Multicolumn等。这些算法的基本思想是根据前缀值的二进制位构建二叉树, 在检索时用目标地址作为索引, 在二叉树中遍历; 当找到一个匹配的前缀时, 将其作为到目前为止所发现的最长前缀, 继续搜索更长的匹配前缀, 直到再没有分支可以搜索时, 搜索结束, 此时所记录的最长前缀就是所要寻找的最长前缀匹配。

在基于多分支的算法二叉树算法中, 每个搜索步骤能够将第一步开始的整个232搜索空间减少一半, 而多叉树可以令每个搜索步骤减少更多的搜索空间。此类算法的典型有LC Trie树算法、受控前缀扩展算法。可变分支数目的多分支Trie树结构, 其搜索过程与二叉树类似, 只是由一位比较变成了多位比较以决定下一步搜索的子树。

Srinivasan对分支数目和层次数目的选取做了详细的分析, 并提出了多分支树的一般结构, 所有基于Trie树的算法都可以看作是该一般结构的特例或变形。此外他还提出了前缀扩展技术, 以耗费更多内存为代价来避免最长前缀匹配所带来的回溯问题。

其它软件算法有前缀维度上的二分搜索算法、最差性能受限的近似最优路由查找算法、多路前缀值范围搜索树算法等。这些算法并不是对整个前缀地址空间进行搜索, 因此对于地址宽度的敏感性较低。前者的搜索时间复杂度是 $O(\log 2w)^{[6]}$, 而后两个算法的搜索时间复杂度与地址宽度无关。因此, 这几个算法能够用于IPv6的路由查找。

3. 硬件路由查找算法

硬件路由查找算法有24-8 DIR算法、基于TCAM (三值 TCAM) 的算法。

24-8 DIR算法实际是一种用硬件实现的多分支前缀扩展算法。该算法基于对于前缀长度分布的统计数据长度大于24的前缀非常少, 因此该算法将所有前缀全部展开为24位前缀。所以, 它只有两级: 第一级224个分支, 若有第二级节点, 则该第一级节点有28个二级子节点。在一般情况下只需一次访问即可找到目标路由, 而对于长度大于24的前缀则最多只需要进行两次访问。因此, 这是一种“以存储器速度进行路由查找”的算法, 也是典型的用空间换时间的算法。

另一种基于硬件的算法是基于TCAM（三值 TCAM）的算法。在进行搜索的时候，所有的TCAM项都需要同时进行匹配，在有多个匹配项时，TCAM规定在所有匹配的表项中选取地址最低的表项作为最后的结果。因此，为了能够进行最长前缀路由的查找，就需要保证在TCAM的低地址区域存储长前缀路由项，而在高地址区域存储短前缀路由项。TCAM具有速度快的优点，但它也具有如下缺点：单位比特昂贵、容量小、并行匹配导致功耗很大及更新复杂^[7]。

三、总结

目前，对于IP路由查找算法的研究主要着眼于从前缀的地址空间维度和前缀长度维度来考虑。但是，不同维度上的IP路由查找算法具有不同的算法特点和时空特性，而且相当一部分的IP路由搜索算法在多个维度上使用了不同的策略进行搜索。而现今时代我们主要关心的已不再是算法的可实现性，而是算法的效率和性能。

未来IP路由查找要从以下几个方面考虑：性能非常重要，通常着重考虑算法的搜索性能而忽视其它指标；将从纯软件算法转向硬件的支持；由于RAM性价比的不断提高，可以大量使用前缀扩展技术，利用空间换取搜索性能。

因特网的高速增长给路由系统带来了巨大的压力。目前，链路传输速率能够跟上网络流量的增长，而使路由器的报文处理能力跟上数

据流量的增长速率则要困难得多。IP路由查找操作已经成为路由器转发性能乃至因特网整体性能的主要瓶颈之一，研究者和业界提出了多种整体性的解决方案，有待大家的进一步探讨和研究。

参考文献：

- [1] 孟庆雷.IP协议及IP路由[J].有线电视技术2001年第8卷第21期
- [2] 李菊香, 谢兰.网络IP路由技术[J].铁道运营技术, 2001年第3期
- [3] LG Roberts.Beyond Moore' Law:Internet Growth Trena[J].IEEE Computer, vol 33,no 1 pp.117-119.jan.2000
- [4]M A Ruiz-Sanchez, E W Biersack,W Dabbous.Survey and Taxonomy of IP Address Lookup Algorithms[J].IEEE.Network,2001
- [5] 曾斌, 邢继峰, 李之棠.一种新IP路由表快速搜索技术[D]华中科技大学2006
- [6]M Waldvogel,G Varghese,J Turner,et al, Scalable High Speed IP Routing Lookups[J], Computer Communication Review: Vol.27, No.4, 1997
- [7] 谭明峰, 高蕾, 龚正虎.IP路由查找算法研究概述[J].计算机工程与科学2006(06)

作者简介：张宏丽（1974 - ），女，汉族，内蒙古赤峰人，内蒙古师范大学传媒学院，北京理工大学博士研究生，专业计算机网络。

(上接第107页)

网络地址翻译成MAC地址。当局域网内有某台电脑运行了此类ARP欺骗的木马的时候，其他用户原来直接通过路由器上网现在转由通过病毒主机上网。该计算机一开机上网就不断发Arp欺骗报文，即以假冒的网卡物理地址向同一子网的其它机器发送Arp报文，甚至假冒该子网网关物理地址蒙骗其它机器，造成网络中其他工作站上网不正常。以华三交换机为例，Arp病毒的查找方法：登陆有网络故障的计算机所在子网的网关交换机（通常是三层交换机），查看哪个MAC地址频繁的更换IP，该MAC地址的机器即是感染病毒的主机。

具体查找办法如下：

登陆该子网所在的网关交换机，键入dis log命令,查看网关交换机日志，如果有病毒一般会有告警，日志信息为：

```
%Mar 30 10:10:21 2009 Quidway S5516 ARP/5/DUIPIP:IP address 202.118.127.33 collision detected, sourced by 00e0-6f50-6a32 on GigabitEthernet3/3 of VLAN134 and 0011-5b69-9c67 on Gig
```

```
%Mar 30 10:12:27 2009 Quidway S5516 ARP/5/DUIPIP:IP address 202.118.127.35 collision detected, sourced by 00e0-6f50-6a32 on GigabitEthernet3/3 of VLAN134 and 0010-87c3-5606 on Gig
```

```
%Mar 30 10:21:01 2009 Quidway S5516 ARP/5/DUIPIP:IP address 202.118.127.38 collision detected, sourced by 00e0-6f50-6a32 on GigabitEthernet3/3 of VLAN134 and 001c-8456-7c28 on Gig
```

以上日志明显看出MAC地址为00e0-6f50-6a32的电脑在不断的更换IP地址，表明此MAC地址的电脑中有ARP病毒。下面就要查找此MAC地址对应的交换机端口，登陆与该网关交换机相连的二层交换机，键入命令“dis mac 00e0-6f50-6a32”，如下图：

E026_1>dis mac 00e0-6f50-6a32				
MAC ADDR	VLAN ID	STATE	PORT INDEX	AGING TIME
00e0-6f50-6a32	N/A	Config static	Ethernet0/6	NOAGED

由此可见Ethernet0/6端口的电脑有病毒，为保证整个网络的正常

运行，把该端口shutdown，之后，通过平时工作记载，找到端口和用户的对应记录，查到该用户，通知其查杀病毒。

对付计算机病毒的解决方案：要求计算机必须及时安装系统补丁程序，大多数蠕虫病毒都是利用系统漏洞传播，因此一定要及时安装系统补丁。安装杀毒软件并及时升级杀毒软件和更新软件的病毒库，定期查杀病毒。设定用户登陆权限以及登陆密码，以防止外界的非法入侵。关闭不需要的服务，只打开网络服务所允许的端口，减少可被利用的安全漏洞。也可以安装一些系统优化和安全辅助软件，例如安全卫士等。防火墙硬件设备和软件的安装也是必要手段，防火墙可以有效地阻挡外部网络病毒的入侵。入侵检测系统可以对网络传输进行即时监视，他是一种积极主动的安全防御技术。还有，可以在交换机、路由器相应端口加上适当的访问控制列表，确保网络的安全

局域网应用的增加，用户的操作不当和防范意识不强，造成局域网故障的频频发生，故障的预防和排查不仅需要运用各种网络测试及故障排查工具，更需要管理员的技术和经验加之勤奋，今后网络的发展，新技术的不断出现，可帮助网管员更加有效地控制局域网中故障的发生，网管员仍旧要在工作中学习新技术，做好工作记录，积累更多的经验，来应对今后可能会出现的新问题。

参考文献：

- [1]刘晓辉, 杨兴明. 中小企业网络管理员实用教程, 北京科海电子出版社[M], 2004
- [2]网络技术金典, 电子工业出版社[M], 2007
- [3]陆魁军. 计算机网络工程实践教程[M], 2005
- [4]梁晶晶. 局域网安全问题的现状及技术分析 科技探索[J] 2008.10

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net