

一种自适应的网络拓扑自动发现算法

陶 兰^{1,2} 谭学飞¹

(1. 中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083; 2. 深圳大学信息工程学院,深圳 518060)

摘 要 针对现有网络拓扑发现算法的不足,提出并实现了一种自适应网络拓扑自动发现算法——RANTAD (Robust and Adaptive Network Topology Auto Discovery)。RANTAD 算法以 TCP/IP 网络管理体系结构为依托,将现有的各协议和发现技术进行有机地整合,在发现过程的每个阶段,能根据网络的实际情况对所采用的协议和技术进行自适应调整。模拟实验表明 RANTAD 算法能快速有效地自动发现网络拓扑信息,并且具有很好的健壮性。

关键词 网络管理; 网络拓扑发现; SNMP

中图分类号 TP 393. 02

文章编号 1007-4333(2003)02-0042-03

文献标识码 A

A robust and adaptive algorithm for automatic discovery of the network topology

Tao Lan^{1,2}, Tan Xuefei¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Faculty Information Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract Aiming at the disadvantages of traditional network topology discovery algorithms, a new approach — RANTAD was presented. Based on TCP/IP network management architecture, RANTAD algorithm integrates multi networks protocols with exiting discovery techniques. In the actual discovery process, RANTAD algorithm can adopt with protocols and techniques adaptively according to the network situations. The algorithm was implemented with Microsoft Visual C++. The experiment showed that RANTAD algorithm can discover network topology information more efficiently and adaptively than traditional algorithms.

Key words network management; topology discovery; SNMP

随着计算机网络的飞速发展,对更灵活、更复杂的网络管理的需求已变得十分迫切。网络拓扑信息作为网络管理的基础,其重要性显而易见。如何准确、快速、高效率地自动发现并获取网络拓扑信息是当今各网络研究机构共同关注的问题。

传统网络拓扑自动发现算法要么过分依赖于 SNMP^[1] (Simple network management Protocol, 简单网络管理协议), 致使其发现率不稳定, 甚至在很多情况下发现率极低而无法使用; 要么仅追求拓扑自动发现的某一目标如速度而忽略其他关键因素如准确度等, 致使这些算法难以满足实际需求^[2]。本文中提出的 RANTAD 算法, 不是将现有网络拓扑发现技术简单地串接利用, 而是以 TCP/IP 网络管

理体系结构为依托, 将各种可以利用的协议和发现技术有机地整合起来, 能够准确有效地自动发现并获取网络拓扑信息, 并具有很好的健壮性。

1 RANTAD 算法的基本思想与总体策略^[3]

RANTAD 算法的基本思想及与传统算法的根本区别在于: 不是依赖于某个网络协议所能获取的网络拓扑信息来构造整个系统的拓扑图, 而是将现有的各协议和发现技术进行有机地整合, 在确定总体拓扑发现目标的前提下, 将发现过程分为几个阶段, 每一个阶段确定一个目标, 而具体采用的协议和技术则根据网络的实际情况进行自适应调整。

RANTAD 算法的总体策略是: 以一个本地子网

收稿日期: 2002-03-28

作者简介: 陶 兰, 博士生导师, 教授, 主要从事智能信息处理、语义 Web、数据挖掘和智能 Agent 的研究。

为出发点,首先发现邻接子网的代表性网络设备如边界路由器等,然后确定它与出发子网的代表性网络设备如边界路由器的连接关系及属性,最后探索特定子网内部的网络拓扑信息。RANTAD 算法具体描述如下:

在此将整个 Internet 抽象为一个图,将一个子网抽象成图中的一个顶点,并以其边界路由器为代表体现在 Internet 网络图中(图 1)。

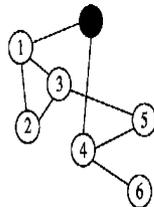


图 1 Internet 抽象图

Fig. 1 Internet abstraction graphic

1) 标志图的顶点。采用图的广度遍历搜索方法

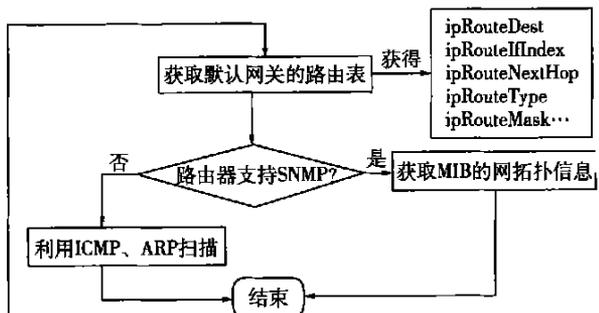
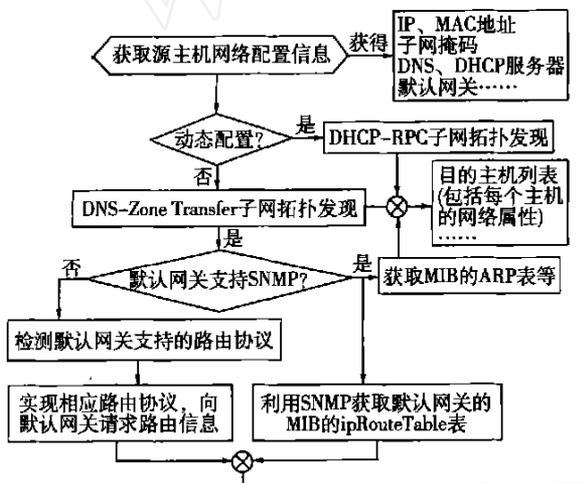


图 2 RANTAD 算法实施流程

Fig. 2 The flow chart of the RANTAD algorithm

3 其他关键技术

在 RANTAD 算法的实现过程中,除了协调各协议共同发现网络拓扑之外,还有其他关键问题需要解决。

3.1 多 IP 网络设备合并问题

几乎所有的路由器都有多个 IP 地址,有些主机也是。如何将同一路由器的不同 IP 地址用同一个网络实体来表示,首先要判断不同的 IP 地址是否代表同一个路由器,即要解决多 IP 的归并问题。

标志子网(图 1 中的顶点),即找出邻接子网的边界路由器。图 1 中,假设黑色顶点为出发点,要发现的是子网 1 和子网 4;如果需要进一步发现更远的子网,则以被发现的子网 1 或子网 4 为出发点,发现其邻接子网;如此下去将所有目标子网在整个 Internet 上定位。

2) 确立已经被发现的子网之间的连接关系。如果两子网处于直连状态,还需要知道它们之间的带宽等连接属性,即,确定子网层次上的网络拓扑图的边的属性。

3) 发现特定子网的内部拓扑信息。可以通过读取其路由器上的 MIB 等手段获得,目标是发现内部网络设备及其连接关系(即网络拓扑类型)。

2 RANTAD 算法实施流程

按照 RANTAD 算法总体策略,其实施流程见图 2。

RANTAD 算法利用路由器 MIB 表解决此问题。路由器 MIB 中有一个系统变量 sysObject ID,对于不同类型的路由器,其值不同,而且路由器 IP 地址表 ipAddrTable 中保存着该路由器的所有 IP 地址,因此,二者结合可以惟一确定一个路由器。参照 OSPF(Open Shortest Path First) 协议将路由器接口表中最小的 IP 地址作为它的标记,从而完成多 IP 地址的归并。

3.2 网络的广度优先遍历搜索问题

在 RANTAD 算法总体策略中,搜索网络采用

广度优先遍历算法。在此过程中,用到 2 个先进先出队列和 1 个数据结构。

1) IP 地址元素:将一个网络设备的拓扑信息抽象封装起来的数据结构,记为 IP_i ,其中 i 表示它在其集合中的索引。

2) 临时 IP 地址集:临时存放 IP 地址元素的队列,记为 temporarySet。

3) 最终 IP 地址集:也是一个 IP 地址元素队列,用来存放发现过程中以及最后所有被发现的 IP 地址元素,记为 permanentSet。

具体遍历流程如下:

1) 初始化阶段:首先获得遍历的起点即 root,它只有一个元素,如只含有运行主机的相关信息,可记为 IP_0 ;也可以有多个元素,如默认网关、DNS 服务器等的 IP 地址。将这些元素列入 temporarySet,同时初始化 permanentSet。

2) 遍历阶段:在获得了遍历起点之后,以该起点为 root 进行广度优先遍历。首先从 temporarySet 中出队列一个元素,判断它的类型后入队列 permanentSet,获得其直连网络设备后将获得的网络设备

入队列 temporarySet。

3) 如果 temporarySet 非空,则循环执行步骤 2)。

由于 IP_i 包含了一个网络设备的基本网络属性,因此,当遍历完成之后可以从 permanentSet 中取出所有的元素,很方便地组织起整个网络拓扑图。

3.3 多线程控制问题

RANTAD 算法为了提高发现速度,采用了多线程的编程技术。在探测到某个初始路由器的直连子网或路由器之后,对每一个子网或路由器都创建一个单独的线程来专职处理它。对于一个子网来说,如果需要 ICMP 扫描模块,其中又将对子网内的每一个主机单独分配一个线程来进行处理。当某个线程完成任务之后,将所需要报告的结果以消息的形式报告给主线程进行组织或决定下一个任务。

4 小结

笔者在模拟实验的基础上,将单独采用某协议的算法,即所谓面向协议的传统发现算法与 RANTAD 算法进行了性能比较,结果见表 1。

表 1 RANTAD 算法与传统发现算法性能比较

Table 1 Comparison between RANTD and the traditional algorithm

指标	传统发现算法						RANTAD 算法
	SNMP	ICMP	ARP	DHCP	DNS	RIP	
效率	高	低	低	高	较高	较高	高
快速	高	低	低	较高	高	较高	较高
完备	较高	高	高	较高	较高	较高	高
准备	高	较高	较高	低	低	较高	高
健壮	低	高	高	低	低	低	高

本文中提出的 RANTAD 算法较传统算法性能更佳的原因在于:

1) 它将现有的各协议和发现技术进行有机地整合,在发现过程的每个阶段,能根据网络的实际情况对所采用的协议和技术进行自适应地调整,而不会象传统算法那样因某个网络协议或服务的失效而导致整个算法失效,也不会因为利用某个协议无法探测到某些网络拓扑信息遗漏掉这些信息,从而保证了 RANTAD 算法具有健壮性和完备性。

2) 每个阶段在选用发现协议和算法时,充分考虑到被管网络的实际情况,优先采用在当前情况下速度快、效率高的子算法。这保证了 RANTAD 算法的高效性。

3) 进行子网内部的拓扑信息发现时,在发现后期对已经发现了的网络设备进行 ICMP,ARP 扫描,确保已发现设备的有效性,由此保证了 RANTAD 算法的准确性。

参 考 文 献

- [1] Uyless Blaek. Network management standards SNMP, CMIP, TMN, MIBs, AND OBJECT LIBRARIES, McGraw-Hill, 1995
- [2] Siamualla R, Sharma R, Keshay S. Discovering internet topology. <http://www.cs.cornell.edu/skeshaa/papers/discovery.pdf>. 1999
- [3] 谭学飞. 网络管理与网络拓扑自动发现的研究与实现[D]. 北京:中国农业大学,2002