

文章编号: 1005-8451 (2010) 08-0010-04

## 一种新的网络拓扑发现解决方案

黄燕辉, 刘 云, 张振江

(北京交通大学 通信与信息系统北京市重点实验室, 北京 100044)

**摘 要:** 通过研究网络拓扑发现算法, 描述了多址路由器和匿名路由器多拓扑发现造成的影响。改进了路由器别名判定法和匿名路由器处理方法, 提出邻居-子网综合法和最大匿名综合法。改进后的算法能准确的发现真实网络拓扑, 通过实验表明, 该算法能够有效地克服多址路由器和匿名路由器对拓扑发现造成的影响, 提高拓扑发现效率与准确性。

**关键词:** 拓扑发现; 路由器别名过滤; 跟踪路由; 匿名路由器

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

### New solution for network topology discovery

HUANG Yan-hui, LIU Yun, ZHANG Zhen-jiang

(The Key Laboratory of Communication & Information Systems, Beijing Municipal Commission of Education, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** It was studied the network topology discovery algorithm. Aiming at the anonymous router problem and IP alias of routers in network topology exploration, this paper proposed a novel router level topology discovery algorithm. The result proved that the new algorithm could greatly improve the effectiveness and accuracy.

**Key words:** topology discovery; router alias resolution; trace oute; anonymous router

目前, 有很多组织和学者<sup>[1-2]</sup>致力于网络拓扑

发现和研究, 还有人提出的结合 SNMP、ICMP 提出的基于 DNMAI 的拓扑发现方法也具有研究意义<sup>[3]</sup>, 但是他们的研究同样还存在各种问题, 例如路由器的别名解析问题<sup>[4]</sup>和匿名路由器<sup>[5]</sup>的处理问题。目前还没有一种拓扑发现方法很好地解决上述问题的同时不影响效率和拓扑的精确性。本文

收稿日期: 2009-01-06

基金项目: 国家“863”基金项目 (2009AA01Z423); 国家自然科学基金资助项目 (60972012); 北京市教育委员会共建项目资助 (W08 I0040); 通信与信息系统北京市重点实验室资助项目 (JSYJD 20090001)

作者简介: 黄燕辉, 在读硕士研究生; 刘 云, 教授。

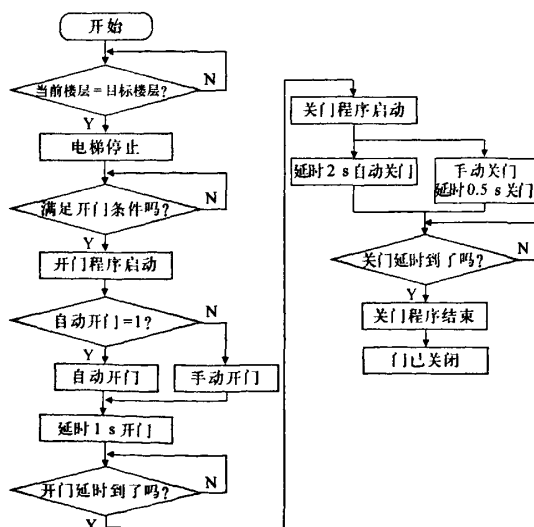


图4 开门流程图

计目的。系统软件部分易于扩展, 从几层的小型电梯到几十层的大型电梯都适用。

#### 参考文献:

- [1] 尹 刚. 基于 PLC 的变频调速电梯系统设计[D]. 沈阳: 沈阳工业大学硕士论文, 2008.
- [2] 唐勇奇, 赵葵银. PLC 在变频调速电梯控制系统中的应用[J]. 工业自动控制, 2001 (9): 26-27.
- [3] 石 云. 基于 PLC 的电梯控制系统的设计和实现[J]. 工业控制计算机, 2009, 22 (4): 5-6.
- [4] 汪晋宽, 罗云林, 于丁文. 自动控制系统工程设计[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2005.
- [5] 郑学伟. 基于 PLC 的电梯控制系统[D]. 天津: 天津大学硕士论文, 2006.
- [6] 程玉华. 西门子 S7-200 工程应用实例分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.

提出的解决路由器别名解析和匿名路由器问题的方法具有比其他方法更加准确,有效性更高以及实现更简单等优点。

1 研究现状

路由器多址问题:路由器一般拥有多个接口,每个接口都有相应的 IP 地址,通过其中的任意一个 IP,都可以访问该路由器,容易被混淆成为有多个路由器。路由器多址对网络拓扑发现造成的影响如图 1。

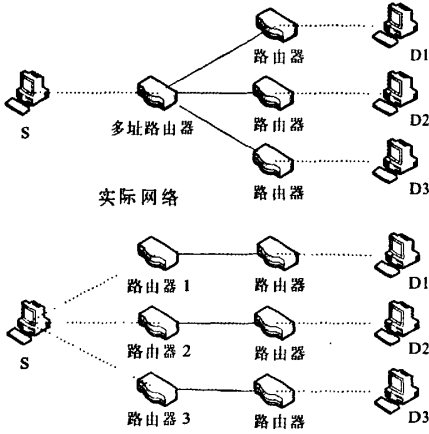


图1 路由器多址对拓扑发现的影响

路由器的多址识别问题目前已有相关的研究,目前主要是采用二维链表的路由器 IP 多址合并算法:创建一个路由器队列,每发现一个路由器就存储在该队列中,每个路由器的数据结构中都包含一个指向地址队列的指针,该队列存储了此路由器的所有 IP 地址。每当发现一个新的 IP 地址,就遍历路由器的地址队列,在队列中搜索该地址。若能找到,则说明该地址代表的路由器已被加入到路由器队列中。否则,是一台新发现的路由器,将此路由器加入到路由器队列中。(其他如 DNS 反向查询法、UDP 高端口探测法、基于图论和对称路由法等,由于通用性不强,这里就不一一介绍了<sup>[6-7]</sup>)。

匿名路由器问题:现有的路由器拓扑发现方法主要是通过 TraceRoute 获取目标网络中路由器地址以及他们之间的邻居关系,进行地址提取、多址路由器综合等过程后,形成完整的拓扑<sup>[8]</sup>。匿名

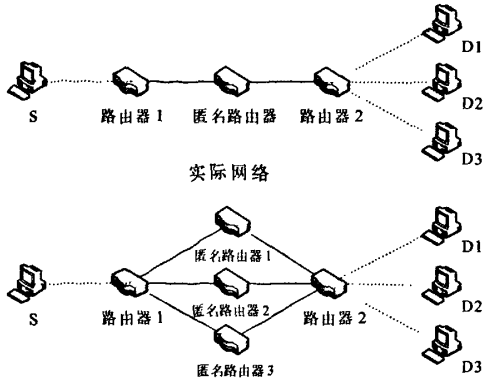


图2 匿名路由器对拓扑发现的影响

路由器对网络拓扑发现的影响如图 2。

目前主要采用基于 ISOMAP 的维度减少算法和一种基于数据挖掘技术等方法。但 ISOMAP 方法采用了连接延迟和节点连通性等属性,计算中具有很高的时间复杂度,不易在实际网络中实现,基于数据挖掘技术的实用方法,先分析由匿名路由器构造的拓扑图,并将这些冗余拓扑分成平行结构、子团结构、完全双向结构和星型结构进行处理,引入一个基于图的推导技术来解析匿名路由器,该方法对各种典型的匿名结构具有很好的处理效果,且具有更小的时间复杂度,但在实际分析中还存在一定的识别难度。

2 邻居-子网综合法解决路由器多址问题

为了更好更高效地解决路由器多址对路由器带来的影响,本拓扑发现算法引入了邻居-子网综合法。如图 3。

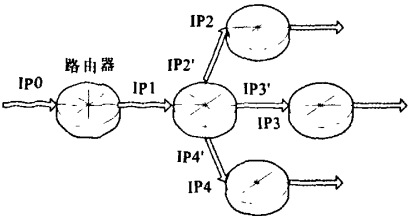


图3 改进邻居-子网综合法

算法思想:

按照图 3 的 TraceRoute 方向,邻居-子网综合法得到 3 条路径:

... -> IP0->IP1->IP2 -> ... ,

...→ IP0->IP1->IP3 →...,

...→ IP0->IP1->IP4 →...。

从中可以看出, IP1 分别与下一跳 IP2, IP3 和 IP4 相邻, 那么拥有 IP1 的路由器必定还有另外 3 个接口分别与 IP2, IP3 和 IP4 相连, 假设它们的接口地址分别为 IP2', IP3' 和 IP4'。IP2/IP2', IP3/IP3' 和 IP4/IP4' 这 6 个接口的 3 对地址分别属于同一个网段, ISP 为了节省地址空间, 这些网段一般使用 31 或 30 位子网掩码。

待测 IP 地址 IP2', IP3' 和 IP4' 加入到集合 IPAddr 中,

以 IP3' 为例:

计算出与 IP3 处于同一个 /31 网段中的另一个地址赋值给 TempIP, // 为了得到 IP3' 的具体地址  
if(TempIP 与 IP1 不属于同一个路由器)// 用 IP 报文 ID 值判断

```
{
    计算出与 IP3 同处于 /30 段中另 2 个地址;
    if (所得地址与 IP1 同处于一个路由器)
    {判断结束;}
    else {放弃对 IP3' 的综合, 继续判断 IP1 的其他对应邻居;}
}
```

对上述待测 IP 地址 IP2', IP3' 和 IP4' 完成以上步骤后, 继续进行对 IP3' 和其他由以上方法得出的该路由接口再次进行上述操作, 直至把发现的路由器多直接口全部综合。

邻居-子网综合法只要有 TraceRoute 初始数据就可以进行多址综合, 该方法最大的特点是能够发现 TraceRoute 原始数据中没有出现的 IP 地址, 这是其他方法所不具有的, 还提高了子网综合效率, 综合结果更加准确、完整、完全, 同时具有实现简单、覆盖范围广的特点。

### 3 带条件的最大匿名综合法解决匿名路由器

“带条件的最大匿名综合”是指在满足特定条件下使最多的匿名元综合为一个匿名路由器, 实现一个比较理想的网络拓扑。条件 1: 网络已经经过多址路由器综合, (网络拓扑数据经过上述方法进行多址路由器综合过); 条件 2: 现实网络中匿名路由器数目所占比例不高。当满足上述两条件

后, 本系统的拓扑发现效果更全面, 高效, 准确。

算法思想:

达成共识: 如果在一个 TraceRoute 过程中如果连续出现 3 次 “Time Out”, 就认为目标地址不可达, 并停止 TraceRoute。

for (匿名路径中没有综合的元素)

// 元素为带有 “Time Out” 的路径

```
{
```

顺序取一个路径 Ri,

// 例如取得路径 A-...-B

if (路径中存在一个匿名路由, 即一个 Time Out) //A-timeout-B

```
{
```

将匿名路由标记为 i, 即用 i 代替路径中的 timeout,

```
}
```

for (匿名路由中包含地址 A 或 B 的未综合匿名路径 Lk)

```
{
```

if (Lk 中 timeout 的 TTL (Time to Live) 值相差小于 2)

```
{
```

将 Lk 标记为已综合,

将 Lk 中与地址 A 或 B 相邻的 timeout

修改为 i,

```
}
```

if (路径中存在两个匿名路由, 即两个 Time Out)

//A-timeout-timeout-B 标记为 A-ia-ib-B

```
{
```

for (匿名路由中包含地址 A 或 B 的未综合匿名路径 Lk)

```
{
```

if (Lk 中 timeout 的 TTL (Time to Live) 值相差小于 2)

```
{
```

将 Lk 标记为已综合,

if (Lk 中 timeout 与地址 A 相邻)

{将 Lk 中 timeout 修改为 ia, }

if (Lk 中 timeout 与地址 A 相邻)

{将 Lk 中 timeout 修改为 ib, }

```
}
```

```

    }
  }
}

```

该算法的最终结果是用不同的路由器名(形如i、ia或ib)来代替原匿名路径集合中的所有匿名元,完成对所有匿名元的综合。匿名元被综合成匿名路由器,从而计算出整个网络的拓扑图。

#### 4 实验效果

为了验证改进后的拓扑发现算法,本文使用了NS-2网络仿真软件构造了一个仿真环境<sup>[9]</sup>。在该软件中仿真构造了一个路由拓扑,其中包括8个路由器(其中包括2个匿名路由器和1个3地址路由器),得到如图4、图5。

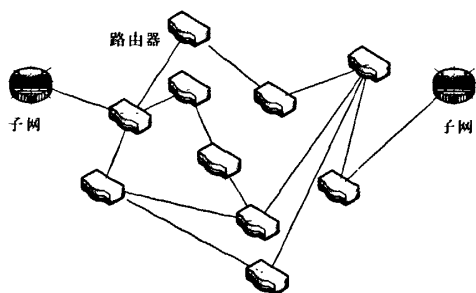


图4 改进算法前得到网络拓扑

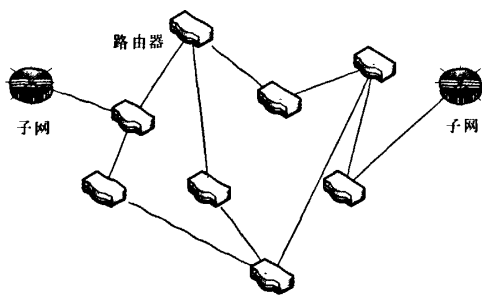


图5 改进算法后得到网络拓扑

从图4中能看出,尽管能对克服多址路由器和匿名路由器对拓扑发现造成的影响,但得到的路由器个数为9个,超过了实验数据8个,因此,改进前的拓扑发现算法不能很好地反应实际拓扑。

图5与图4进行比较后,可以看出改进后的拓扑算法能有效地克服路由器多址和匿名路由器

带来的影响,发现的路由个数与实验数据相符,与实验拓扑相比较后发现图5能准确地反应现实拓扑。

#### 5 结束语

网络拓扑发现过程中的路由器多址问题和匿名路由器问题对拓扑发现的完整性有着很重要的影响,本文针对这两个问题提出的路由器多址综合法和匿名路由器判定法,经过实验仿真后证明确实相对其他方法具有实现相对简单,结果更完整,适用范围更广,效果更理想等特点。以后的研究重点将针对拓扑发现过程中的路径变化等问题,进一步提高拓扑发现的有效性与准确性。

#### 参考文献:

- [1] Gunes M, Sarac K, Analytical IP alias resolution[C]. IEEE ICC, Istanbul, Turkey, Jun 11-15, 2006.
- [2] Gunes M, Sarac K. Resolving IP aliases in building traceroute-based Internet maps. University of Texas at Dallas, Technical report[R], 2006, 12.
- [3] 王红剑,裴昌幸,等.一种基于DNMAI架构的网络拓扑发现方法[J]. 计算机应用研究, 2007, 24 (3): 234-237.
- [4] Augustin B, Cuvellier X, Orgogozo B, Viger F, Friedman T, Latapy M, Magnien C, and Teixeira R, Avoiding traceroute anomalies with Paris traceroute[C]. IEEE IMC, Rio de Janeiro, Brazil, Oct 25-27, 2006.
- [5] Jiang Y. Study on the Techniques of Router-Level Internet Topology Measurement and Analysis[D]. Harbin Institute of Technology. June 2005.
- [6] Spring N, Wetherall D, Anderson T. Scriptroute: A public Internet measurement facility[C]. Proceedings of the 4th conference on USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, 2003(4).
- [7] Gunes M, Sarac K. Analytical IP alias resolution. IEEE ICC, Istanbul, Turkey, 2006(1).
- [8] ZHAO Hong-hua, CHEN Ming. A Novel Router Level Topology Discovery Algorithm[C]. International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Xi'an, China, July 2 - 5, 2008.
- [9] 徐雷鸣, 庞博. NS 与网络模拟[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.