

基于 SNMP 网络拓扑自动构造的一种实现

李天剑 (深圳中兴通讯公司 518004)
曾文方 李天翼 (四川大学计算机系 610065)

摘要:自动构造网络系统的拓扑图是网络管理系统的基本功能和要求。目前常见的拓扑发现算法基于路由器的路由表,在实际应用中容易产生错误。本文提出了一种基于地址表和路由表的拓扑发现算法,可以更准确地构造出网络系统的拓扑图。

关键词:网络拓扑图 SNMP MIB

一、引言

一个成功和完善的网络管理系统除了能进行国际标准化组织 ISO 定义的故障、配置、性能等几方面的管理外,还应该能够向网络管理员提供一个直观、友好的操作界面,其中一个基本的功能和要求就是能够自动地构造出网络系统的拓扑图。由于网络系统和网管协议不是唯一的,这就决定了自动发现网络拓扑结构的方法也不是唯一的。本文利用简单网络管理协议(SNMP)在 TCP/IP 网络中实现对网络拓扑图的自动构造,由于目前 TCP/IP 网络和 SNMP 的应用十分广泛,因此这种方法具有普遍性。

当前常见的网络拓扑发现算法的基本原理都是运用协议特性获取路由器的路由表信息用以构造网络拓扑图,但这种方法无法识别具有“多重身份”的路由器,在实际应用中容易产生错误。本文提出了一种基于地址表和路由表的网络拓扑发现算法,有效地解决了上述问题,能够正确地构造出网络系统的拓扑图。

二、常见的网络拓扑发现算法(算法 1)

1. 实现原理

自动构造网络拓扑图就是指自动发现并用图形化的方式直观、形象地表示出整个网络系统的各个子网甚至子网内部各种网络设备之间的互连关系,其中最基本的是用图标表示出网络系统中各个子网、路由器以及用连线表示它们之间的连接关系。

在 TCP/IP 网络中,IP 寻径采用表驱动方式。网络中各个路由器或主机上都包含一个路由表,指明去向某个目的地址应采用哪条路径。管理信息库(MIB)对路由表(ipRouteTable)的定义框架如下:

```
ipRouteTable OBJECT-TYPE //路由表;
SYNTAX SEQUENCE OF IpRouteEntry
.....
IpRouteEntry ::= SEQUENCE { //路由表表目;
    ipRouteDest Ipaddress,
    ipRouteNextHop Ipaddress,
    ipRouteMask Ipaddress,
    .....
```

这里仅列出了路由表结构中 with 算法 1 有关的三项表目: ipRouteDest、ipRouteNextHop 和 ipRouteMask。ipRouteDest 表示路由的目的地址,ipRouteNextHop 表示路由的下一个路由器地址,而 ipRouteMask 则表示路由目的地址的子网掩码。IP 寻径时,将数据报中的目的地址依次与各表目中的 ipRouteMask 进行“与”操作,结果若与同一表目中的 ipRouteDest 项相同,则选择该路由,将数据报发送到下一个路由器 ipRouteNextHop,ipRouteNextHop 对数据报进行类似处理,如此前向传递,直至到达目的地址。

路由表的内容不是静止不变的。通常,路由器在启动时首先获取一个初始路由表,然后按照一定的路由协议与其他的路由器进行路由信息的交换,并根据这些信息刷新自己的路由表。正是路由表的动态刷新机制使其能够适应网络系统的动态变化,确保 IP 寻径的正确性和一致性。

由路由表的结构及其动态刷新的机制不难看出,单个路由器对网络拓扑的描述是局部的,而网络系统中所有路由器的路由表信息则可以反映出整个网络系统的拓扑结构。因此,从网管工作站所在子网的缺省路由器开始,采用按广度优先遍历无向图的方法,对整个网络系统

中的路由器进行逐层扩展遍历,并综合分析路由表信息,就可以发现网络系统的拓扑结构。具体来说,对 ipRouteDest 进行遍历即可获知网络中所有的子网地址,由当前路由器与 IpRouteDest、IpRouteNextHop 的关系即可判断出它们之间的连接关系,并由此构造出整个网络系统的拓扑图。

2. 缺陷和不足

算法 1 采用基于路由表的网络拓扑发现方法,这种方法易于实现,但也因此存在着缺陷和不足,主要有两点:

(1) 将路由表中的项 ipRouteDest 作为子网处理。多数情况下,ipRouteDest 是子网地址,但在如特定主机寻径时,则表示主机地址;另外,ipRouteDest 也可以由多个子网地址合并而成。因此,将 ipRouteDest 作为子网处理不够准确。

(2) 将具有“多重身份”的路由器作为多个路由器处理。由于路由器可以连接多个子网,具有多个接口,表现在 IP 地址上,不同的 ipRouteNextHop 地址可能表示同一路由器。算法 1 无法区分这种路由器的不同身份,因此在遍历时将其作为多个不同的路由器重复访问,最终势必导致重复构造路由器图标的错误。

三、改进的网络拓扑发现算法(算法 2)

1. 实现原理

为解决算法 1 所存在的问题,算法 2 采用对 MIB 中的路由表和地址表(ipAddrTable)进行结合访问的方法。地址表在 MIB 中的定义如下:

```
ipAddrTable OBJECT-TYPE //地址表;
SYNTAX SEQUENCE OF IpAddrEntry
.....
IpAddrEntry ::= SEQUENCE { //地址表表目;
    ipAdEntAddr Ipaddress,
    ipAdEntNetMask Ipaddress,
    .....
}
```

此处仅列出与算法 2 有关的两项表目:ipAdEntAddr 和 ipAdEntNetMask,前者表示路由器某接口的 IP 地址,后者表示该接口所在子网的子网掩码。遍历路由器地址表中的 ipAdEntAddr 项,即可获知该路由器所有接口的 IP 地址;各 ipAdEntAddr 与相应 ipAdEntNetMask 进行“与”操作即可获知该路由器连接的所有子网地址。如此遍历所有的路由器,即可获知整个网络的所有子网地址。

另外,与算法 1 类似,通过对路由表中 ipRouteNextHop 项的遍历可以获得网络中所有的路由器地址。路由器与路由器及路由器与子网之间的连接关系由遍历过程中当前路由器与各接口的子网地址及 ipRouteNextHop 地址的关系而获得。这样,通过对地址表和路由表的结合访问以及对其有关内容的综合分析,可以更准确地获得整个网络系统中路由器、子网以及它们之间连接的信息,从而更准确地构造出网络系统的拓扑图。

2. 算法描述

算法 2 在实现时,设定了路由器(Router)、已发现路由器队列(allRouters)、待访问路由器队列(newRouters)、子网队列(Subnets)和连接队列(Connections)等几个类,分别说明如下:

(1) Router:封装有关的路由器信息,特别是记录路由器的多个接口的 IP 地址及其对应的子网地址;

(2) allRouters:记录遍历过程中所有新发现的路由器,是一个全局不重复队列,其成员是 Router。若 Router 加入 allRouters 失败,表示该路由器已被发现并加入到队列中。

(3) newRouters:记录待访问路由器,是一个不重复队列,其成员是 Router。每个 Router 在加入队列前,首先判断是否已记录在队列 allRouters 中,若没有,则加入到 allRouters 和 newRouters 的队尾,否则不予加入。此外,当从 newRouters 中取出第一个 Router 作为当前访问路由器时,须将此 Router 从队列中删除。

(4) Subnets:记录遍历过程中所有新发现的子网,其成员是子网的 IP 地址。

(5) Connections:记录遍历过程中所有路由器与子网以及路由器之间的连接关系。

对算法 2 的描述如下所示:

初始化工作:将网管工作站所在子网的缺省路由器定义为类 Router 的一个实例,并将其加入到队列 allRouters 和 newRouters 中;

```
while(newRouters 非空) {
```

从 newRouters 中取出第一个路由器作为当前访问路由器 currentRouter;

```
while(currentRouter 地址表的访问未结束) {
```

```
    将各接口地址 ipAdEntAddr 加入 currentRouter;
```

```
    将 ipAdEntAddr 和 ipAdEntMask 进行“与”操作获得接口对应的子网地址 N;
```

```
    将 N 不重复地加入 Subnets;
```

```
    将连接(currentRouter, N)不重复地加入 Connec
```

tions;

}

while (currentRouter 路由表的访问未结束){

将路由表中 ipRouteNextHop 的内容不重复地加入 all-Routers 和 newRouters;

将连接(currentRouter, ipRouteNextHop)不重复地加入 Connections;

}

遍历完所有的路由器后,队列 allRouters、Subnets 和 Connections 的内容就反映了整个网络系统的拓扑信息,可以据此构造出网络系统的拓扑图。

参考文献

- [1] Ray Hunt, SNMP, SNMPv2 and CMIP – the technologies for multivendor network management. Computer Communications. 1997 – 20
- [2] 胡谷雨,现代通信网和计算机网管理,电子工业出版社,1996
- [3] 梁振军,刘国强,新编 TCP/IP 协议与计算机网络互连技术,海洋出版社,1991
- [4] 张斌等,基于 Internet 的实时网络拓扑图生成算法研究。计算机工程与应用,1998 No. 8

(来稿时间:1999 年 8 月)