

# 基于 OSPF 链路状态数据库构建网络拓扑

倪 勇, 史怀洲, 朱培栋

(国防科技大学 计算机学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:**构建局域网拓扑在网络行为的研究中具有非常重要的意义。文中以利用 OSPF 协议构建局域网拓扑结构为目标, 对目前几种构建局域网拓扑结构的方法进行比较, 通过分析比较指出利用 OSPF 协议构建局域网拓扑结构的优点, 然后提出了一种基于 OSPF 协议链路状态数据库进行局域网拓扑构造算法。该算法在对 OSPF 链路状态数据库中的 OSPF database 表和 OSPF database network 表详细分析的基础上, 利用这两个表中的数据构建网络拓扑。实验证明, 该算法能够有效地显示局域网拓扑结构。

**关键词:**OSPF 协议; 网络拓扑; OSPF database; LSA

**中图分类号:**TP393

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)03-0001-04

## Construct Network Topology Based on OSPF Database

NI Yong, SHI Huai-zhou, ZHU Pei-dong

(School of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Constructing topology of LAN is very important to the research of network behavior. Its destination is using OSPF protocol constructing LAN topology. First, it points out the advantages of discovering topology with OSPF protocol after compared several current LAN topology constructing methods. And then proposes a brand new method of LAN topology constructing based on OSPF protocol Link - State database. Based on specific analysis of OSPF database table and OSPF database network table of the OSPF Link - State database, this method can build an accurate LAN topology map effectively. And it has been testified in the experiment.

**Key words:** OSPF protocol; network topology; OSPF database; LSA

## 0 引言

网络拓扑是一种表达网络逻辑连接关系和物理连接关系的方法, 在网络环境日益复杂的今天, 构造网络拓扑显得格外重要。一张合理的拓扑图不但能够帮助使用者了解整个网络的结构, 而且还可以对网络中的重要节点、数据流向等信息进行分析, 使整个网络一目了然。

## 1 局域网常见网络拓扑方法

目前在局域网中可利用的协议很多, 比如 ICMP, SNMP, RIP, OSPF 等。虽然它们各有各的优点, 但是 OSPF 协议以其收敛速度快, 稳定性好等优点成为目前主流协议。因此, OSPF 协议研究也成为网络拓扑研究的一个重要方向<sup>[1]</sup>。

下面介绍几种常用的拓扑方法, 并与利用 OSPF 协议构建拓扑相比较, 指出其不足。

### (1) 利用 SNMP 协议构建网络拓扑。

利用 SNMP 协议构建网络拓扑是目前比较常见的一种方法。通过对被管理设备中的 MIB 数据库进行操作, 提取出可利用的信息构建拓扑。这种算法和利用 OSPF 构建拓扑方法相比缺点就是需要访问每一台路由器中的 MIB 信息, 算法复杂度大, 需要时间也多。

### (2) 利用 ICMP 协议构建网络拓扑。

ICMP 协议是常用的协议之一, 通常使用的 ping 和 Tracert 命令就是基于 ICMP 协议的。利用 ICMP 协议也能实现一定的网络拓扑发现。但与利用 OSPF 协议相比, 其缺点也非常明显, 由于主动去探测网络中的节点, 就需要发很多探测用的数据包, 必然会增加网络流量, 给局域网带来不必要的阻塞。

### (3) 利用 RIP 协议构建网络拓扑。

同样也是域内路由协议的 RIP 协议是在 OSPF 协议之前局域网广泛采用的协议之一。所以其实现原理也和 OSPF 协议类似, 都是利用路由器自身互相交互,

收稿日期: 2008-07-03

基金项目: 国家 863 计划项目(2006AA01Z213)

作者简介: 倪 勇(1983-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络; 朱培栋, 博士, 副教授, 研究方向为计算机网络、网络安全等。

获得路由拓扑信息。但作为一种较老的局域网协议与 OSPF 协议相比,协议本身的不足(例如收敛慢等)也必然在拓扑构建方面有所影响。

#### (4)其他构建网络拓扑。

其他还有一些构建网络拓扑的方法,大都是利用几种协议相互合作构建拓扑的,虽然构建的拓扑结构要比单独用 OSPF 协议要详细些,但是复杂程度也大大增加了,而且如果是将其中的某一种协议用 OSPF 协议代替能取得更好的拓扑效果。

## 2 基于 OSPF 的网络拓扑发现研究现状

基于 OSPF 协议的网络拓扑技术在国内外都得到了广泛研究。在国外,以 Aman Shaikh 为代表的研究小组在基于 OSPF 协议的网络拓扑研究中取得显著成果,先后多次在国际权威杂志上发表了关于基于 OSPF 协议构建网络拓扑及网络监控的论文<sup>[2,3]</sup>,他在总结了基于 OSPF 协议构建网络拓扑优点的基础上,提出并设计了利用在 OSPF 网络中插入监测点,被动接受 LSA,利用 LSA 构建网络拓扑。国内学者在这方面也有很多研究,提出了许多构建拓扑的方法。例如:在每个区域设置收集点,获得拓扑信息<sup>[4]</sup>;利用隧道技术解决了 OSPF 服务器在部署上的问题<sup>[5]</sup>等等。

目前这些研究主要集中在信息获取的方法,大多是被动监听网络中的报文获取信息,在网络拓扑图构建的细节方面介绍的较少。文中基于对 OSPF 数据库分析,提出了一种局域网拓扑图的构建方法。

## 3 OSPF 数据库分析

在基于 OSPF 协议的网络中,所有的 LSA 有关的信息都保存在 OSPF 数据库中<sup>[6]</sup>,通过登录路由器查看 OSPF 数据库中各个表项的内容便可以获得其所有的 LSA,或者通过建立隧道等技术导出 OSPF 数据库内容也可以获得需要的 LSA。

### 3.1 OSPF database 表分析

以思科 2600 系列的路由器为例,在特权模式下输入指令“show ip ospf database”,获得的结果如表 1(这里只显示了对构建拓扑有用的 Link ID,ADV Router 和 Link 部分)所示。

观察表 1,首先可以确定这是一个区域边界路由器,因为这个边界路由器就包含了包括区域 0 在内的两个区域的路由信息,这也使其成为拓扑研究的重要结点。除了区域 0 之外它还连接着区域 4。根据所显示的 LSA 顺序,先从 area0 开始分析。

#### (1)Router Link States 分析。

Router Link States 显示的是五类 LSA 中的第一

类:路由器 LSA。在所有运行 OSPF 路由协议的路由器中这一项都不是空的,因为它至少包括一条信息,即它本身。其中 Link ID 和 ADV Router 相同,如何设置了路由器 ID,其显示的是路由器 ID 的值,如果没有设置 ID,默认显示的是路由器接口地址中地址最大的接口地址的值。在 Router Link States 中还有一个属性值的在构建网络拓扑时参考的就是 Link 属性,它说明了此路由器连接的网段。由表 1 可以得出在这台路由器所连接的 area0 网络中含有六台路由器。

表 1 OSPF database

Router Link States <Area 0>			Router Link States <Area 4>		
Link ID	ADV Router	Link	Link ID	ADV Router	Link
5.5.5.1	5.5.5.1	2	5.5.5.4	5.5.5.4	2
5.5.5.2	5.5.5.2	2	4.4.4.41	4.4.4.41	2
5.5.5.3	5.5.5.3	2	4.4.4.42	4.4.4.42	2
5.5.5.4	5.5.5.4	2	4.4.4.43	4.4.4.43	2
5.5.5.5	5.5.5.5	1	Net Link States <Area 4>		
5.5.5.6	5.5.5.6	1	Link ID	ADV Router	
Net Link States <Area 0>			192.168.4.2	4.4.4.41	
Link ID	ADV Router		172.16.0.2	4.4.4.42	
10.0.0.6	5.5.5.6		192.169.0.2	4.4.4.43	
Summary Net Link States<Area 0>			Summary Net Link States<Area 4>		
Link ID	ADV Router		Link ID	ADV Router	
192.168.1.0	5.5.5.1		192.168.1.0	5.5.5.4	
192.168.10.0	5.5.5.1		192.168.10.0	5.5.5.4	
192.168.20.0	5.5.5.2		10.0.0.0	5.5.5.4	
192.168.3.0	5.5.5.3		192.168.3.0	5.5.5.4	
192.168.4.0	5.5.5.4		192.168.20.0	5.5.5.4	
172.16.0.0	5.5.5.4		Type-5 AS External Link States		
192.169.0.0	5.5.5.4		Link ID	ADV Router	
Summary ASB Link States<Area 0>			192.169.1.0	4.4.4.43	
Link ID	ADV Router				
4.4.4.43	5.5.5.4				

#### (2)Net Link States 分析。

Net Link States 显示的是第二类:网络 LSA。此类 LSA 只由网络中的 DR(指派路由器)产生。当一个冲突域中的路由器超过一个时,网络要选择一个 DR,该 DR 由路由器 ID 最大的一台路由器担当,即使当网络中有新的 ID 大于该路由器的路由器加入时,只要该 DR 没有重启,就不会改变。通过观察,此 Net Link States 只含有一项,所以它所连接的 area0 中只含有一个网段,即 10.0.0.0 这个网段。其 Link ID 是连接在这个网络中的接口地址,ADV Router 是这个路由器的 ID。值得注意的是,在采用点到点模式时,因为不选举 DR,所以 OSPF database 里不会显示 Net Link States 这一项的信息。

#### (3)Summary Net Link States 分析。

此项只有在多区域网络环境中才产生,它显示的

是聚合网络 LSA。聚合网络 LSA 都是由区域边界路由器产生的,描述的是其他区域所包含的网段,其中 Link ID 是其他区域的网段,ADV Router 显示的是含有此网段的区域边界路由器 ID。由此项可以获得所有的边界路由器,从而明确整个 AS 所包含的区域。再把 Link ID 和 ADV Router 结合起来就可以得到每个区域包含的网段。

#### (4) Summary ASB Link States 分析。

Summary ASB Link States 显示的是聚合自制系统边界路由器 LSA。这类 LSA 只有当路由器接口连接到外部网络(包括连接到 HUB 的主机)时产生,其中 Link ID 是连接到外部网络的路由器 ID,ADV Router 是与连接到外部网络的路由器在同一个网络边界路由器 ID。需要注意的是聚合自制系统边界路由器 LSA 只在其他区域传播,在包含它的区域则不传播。

#### (5) Type-5 AS External Link States 分析。

Type-5 AS External Link States 显示的是第五类自治系统外部 LSA。这类信息显示在整个 OSPF database 尾部,在显示完所有区域的 LSA 之后,由上表可得此网络含有一个路由器连接到 AS 外部,其中 Link ID 是连接到 AS 外部的网段,ADV Router 是连接到外部的路由器的 ID。由上面的信息可得此 AS 连接到外部的网段是 192.169.1.0,连接的路由器 ID 是 4.4.4.3。

### 3.2 OSPF database network 表分析

仅依靠 OSPF database 表还不能够完全获得各个路由器的连接情况,还需要利用 OSPF database network 表获得路由器之间的连接关系。还是以同一台思科 2600 系列的路由器为例,在特权模式下输入指令“show ip ospf database network”,获得 OSPF database network,如表 2(这里只显示了对构建拓扑有用的 Link State ID,Advertising Router 和 Attached Router 部分)所示。

这个表是和 OSPF database 表中的 Net Link States 对应的,其中 Link State ID 项与 Net Link States 中的 Link ID 对应,Advertising Router 与 ADV Router 对应,并且在这个表中详细列出了 DR 所连接的路由器 ID,即 Attached Router 后的路由器 ID。就是要通过这些 ID 构建路由器之间的连接关系。

## 4 拓扑图构建

拓扑图构建主要分为数据收集模块和拓扑构建模块两部分,下面分别介绍。

### 4.1 数据收集模块

数据收集模块分为两部分:OSPF database 数据收

集和 OSPF database network 数据收集,基本的数据结构是相似的。

表 2 OSPF database network

Net Link States <Area 0>
Link State ID: 10.0.0.6 (address of Designated Router)
Advertising Router: 5.5.5.6
Network Mask: /8
Attached Router: 5.5.5.6
Attached Router: 5.5.5.1
Attached Router: 5.5.5.2
Attached Router: 5.5.5.3
Attached Router: 5.5.5.4
Attached Router: 5.5.5.5
Net Link States <Area 4>
Link State ID: 192.168.4.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.41
Network Mask: /24
Attached Router: 4.4.4.41
Attached Router: 5.5.5.4
Link State ID: 172.16.0.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.42
Network Mask: /16
Attached Router: 4.4.4.42
Attached Router: 4.4.4.41
Link State ID: 192.169.0.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 4.4.4.43
Network Mask: /16
Attached Router: 4.4.4.43
Attached Router: 4.4.4.42

在 OSPF database 数据收集部分中,设置两个类 AreaToId 和 IdToNet,前者获取 OSPF database 表中的区域 Area 以及所含的路由器 ID,后者获取路由器所对应的网段,两者以路由器 ID 相互连接起来,构成一个三级的数据结构:Area -> ID -> Net,这样就可以把 OSPF database 表中有用的信息全部提取出来,能够省略很多多次读 OSPF database 表,提高了效率。

OSPF database network 表收集的数据结构与 OSPF database 表类似,设置 AreaToNetwork 和 IdToAttached 两个类,前者获取区域 Area 以及所含网段,后者获取这个网段所有的路由器。至此,所有需要的信息都被获取了。

### 4.2 拓扑构建模块

此模块是程序的主要部分,应根据以下步骤进行:

#### (1) 路由器位置确认。

构建拓扑首先要明确的就是路由器的位置,弄清楚是区域边界路由器还是非区域边界路由器。边界路由器相对比较重要,是需要查看的路由器。在这里需

要调用 AreaToId 类中的 Area 参数获得连接的区域。这里获得了“Area 0”和“Area 4”两个值。可见这是一个边界路由器,是需要分析的路由器。

### (2) 区域层次确认。

OSPF 协议是一种层次协议,所以在构建拓扑图的时候要特别注意层次的划分。首先就应该确定区域数,然后就是骨干区域与其他非骨干区域的位置关系。由对区域 0 的 Summary Net Link States 分析可知,此 AS 包含五个区域,通过边界路由器 5.5.5.1、5.5.5.2、5.5.5.3 和 5.5.5.4 与骨干区域相连。

### (3) 骨干区域拓扑结构绘制。

可以把骨干区的路由器分布在两个半径不等的同心圆的圆周上面。其中边界路由器分布在外圆周,方便与其他区域相连,非边界路由器分布在内圆周。边界路由器通过 Summary Net Link States 可以获得,非边界路由器通过 Router Link States 中路由器除去 Summary Net Link States 中的路由器获得。

另外在内圈里面再设一个圆周,将网段也设置成一个坐标点,标记在这个圆周上,网段的坐标点可以用另一种形状代替,以区别路由器节点。这样代表路由器的坐标点通过与代表网段的坐标点相连,使得网络结构更加清晰。网段可以通过 IdToNet 获得。

### (4) 区域间位置关系设置。

区域间位置关系设置关系是在绘制拓扑图中关键环节。非骨干区域中路由器多少会影响其在拓扑关系中所占的比例。首先要查找 AreaToId 类,获得每个区域路由器数量,然后计算出非骨干区域路由器占路由器总数量的比例,将比例反应到边界路由器的位置上,其区域的圆心在骨干区域圆心与边界路由器坐标连线的反向延长线上,半径由路由器数量比例决定。然后由以下公式获得坐标:

$$X = x + R * \text{Math.sin}(2.0 * \pi * p / 360) \quad (1)$$

$$Y = y - R * \text{Math.cos}(2.0 * \pi * p / 360) \quad (2)$$

其中  $x$ 、 $y$  代表骨干区圆心坐标,  $p$  代表角度,角度可通过由比例算出。

### (5) 非骨干区域拓扑结构绘制。

非骨干区域内部的结构关系不如骨干区域复杂,用两个同心圆表示即可。表示路由器的点在外圈随机分布,表示网段的点在内圈随机分布。

### (6) 连接关系绘制。

连接关系比较简单,根据 AreaToNetwork 和 IdToAttach 两个类,可以很直接地获得连接关系,直接连线就可以了。

图 1 是根据四台边界路由器的 OSPF 数据库数据整合之后绘制的拓扑图。其他边界路由器获取和分析

方法与 5.5.5.4 相同,在这就不再详述了。

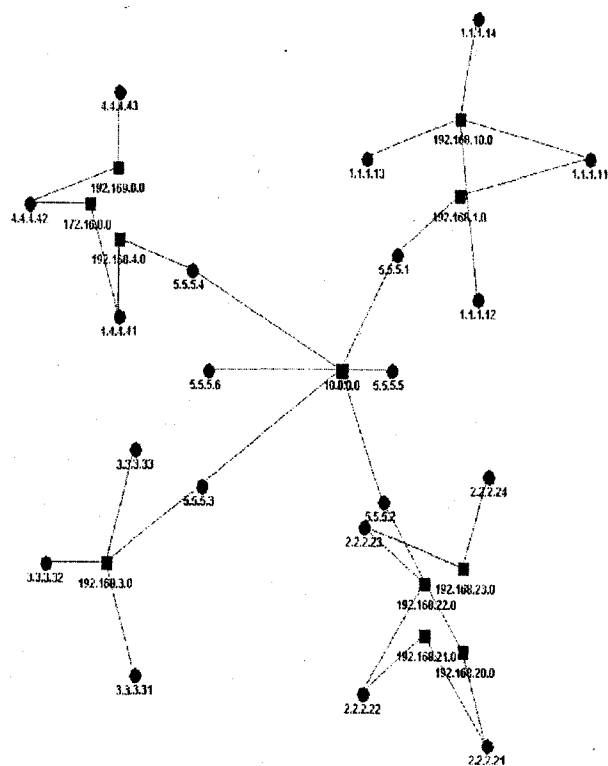


图 1 OSPF 局域网拓扑图

## 5 结束语

网络拓扑是网络研究的一项重要内容。文中通过对 OSPF 数据库进行详细分析,提出了一种基于 OSPF 数据库构建网络拓扑的算法,能够在尽量减少对源数据读取次数的前提下,有效地构建出网络拓扑图。

在以后的工作中,还需要将构建拓扑结构与分析网络中存在的脆弱性、安全性等问题结合起来,进一步对域内路由协议进行研究。

### 参考文献:

- [1] 徐大海,黄健强,吴克喜,等.基于 OSPF 的网络拓扑搜索[J].计算机工程与科学,1999,21(6):17-21.
- [2] Shaikh A, Goyal M. An OSPF Topology Server: Design and Evaluation[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(4): 746-755.
- [3] Shaikh A, Greenberg A. OSPF monitoring: Architecture, design and deployment experience[C]//In: Proc. of the USENIX Symp. on Networked Systems Design and Implementation (NSDI). San Francisco: ACM Press, 2004.
- [4] 尤澜涛,朱巧明,李培锋.基于 OSPF 的网络拓扑快速发现系统的设计[J].计算机工程,2006,32(24):115-117.
- [5] 徐建锋,邓永平,丁圣勇.基于 OSPF 服务器的网络拓扑发现[J].计算机应用,2004,24(8):98-100.
- [6] Moy J T. OSPF version 2[S]. RFC 2328. 1998.