

基于OSPF协议的网络拓扑发现算法在电力调度数据网中的实现

网络拓扑的快速准确发现，是大型企业网络管理的基本需求。在电力调度数据网络中，整张网络的规模愈来愈大，复杂度也不断上升，合理而高效的网络拓扑发现算法必然是网络管理软件部署的基础。在现有电力调度数据网络中的网络管理软件，都是采用基于SNMP协议的传统网络拓扑发现方法，该方法实时性较差，且会产生较大的网络开销。OSPF协议本身收敛速度快、开销控制小。以OSPF与SNMP相结合的拓扑发现算法为基础，在电力调度数据网络中的IP网络层和数据链路层进行拓扑发现。

金明辉¹ 成刚² 纪元²/1.国网上海市电力公司 2.国网电力科学研究院



金明辉/工程师

关键词/Keywords

OSPF ·
LSA ·
拓扑发现 ·
算法 ·

0 引言

由于Internet网络中新技术和新设备的广泛使用，企业网的发展自然也日新月异，规模不断扩大，结构也日渐复杂化，因此对网管系统及运行维护人员的要求也愈来愈高。在国网电力调度数据网中，部署了众多厂商的网络管理软件，以便对整网网络设备进行监控和管理。对于网络管理软件，发现全网设备的拓扑结构是网管系统所有功能的前提和基础。全网网络的拓扑发现，是采集和维护更新网络节点（即网元）存在的信息数据，以及网元之间相互关系的信息数据，在此基础上绘制出全网网络的设备拓扑结构图^[1]。网络具有动态性，新技术也是在不断发展的，关于网络拓扑自动发现算法的研究自然也会层出不穷^[2]。本文提出的是基于OSPF路由协议的拓扑发现算法。以该协议中LSU（链路状态更新报文）为算法基础，根据LSU中所包含的拓扑信息，对三层网络结构的拓扑进

行发现，再结合传统SNMP的拓扑算法，计算出二层网络拓扑，最终绘制出完整电力调度数据网络的拓扑结构。

1 网络拓扑发现算法

本文涉及到的两种拓扑算法^[3-6]。

（1）基于SNMP协议

SNMP（简单网络管理协议）协议是用来发现、维护网络拓扑的一种常见方法。通过对网元节点的MIB库进行读取、写入操作，提取需要的信息，构建网络拓扑。这种方法简单高效，但需要读取所有被管网络设备的MIB库，对网络注入了额外的流量，且实时性不好。

（2）基于OSPF协议

OSPF是内部网关路由协议（IGP），通常部署于单个AS（自治系统）内。OSPF属于链路状态协议，在OSPF路由协议中，每台OSPF路由器会探测与邻居OSPF路由器之间的链路状态，并将这些信息发送给其他OSPF邻居路由器，邻居将这些信息在AS内传播，让所有OSPF路由器都能接收到这些链路信息，从而可以建立完整的链路状态表，这样，每台OSPF路由器都会有一份完整的链路状态结构图。

本文提出的拓扑自动发现算法的原理是，全网设备运行OSPF路由协议，通过采集这些OSPF路由器相互通信的路由数据，即可分析得出网络的拓扑信息。采集这些数据可以通过读取配置文件、访问OSPF路由协议的链路状态数据库直接获得，或者监听捕获网络中的数据包包，通过分析获得拓扑连接关系。应用

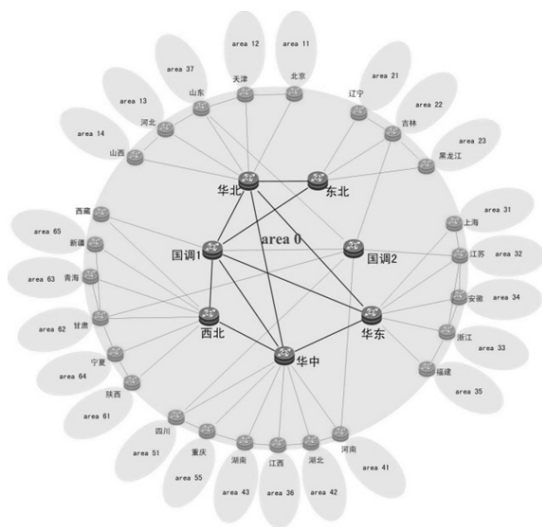
中，在电力调度网络中设置采集点来采集捕获这些数据信息。当然该算法仅适用于纯OSPF的网络环境，即网络中所有的路由交互均通过OSPF协议来实现。

2 电力调度数据网中的OSPF协议分析

2.1 电力调度数据网OSPF网络模型

电力调度数据网络中部署OSPF路由协议时，在一个AS内会划分多个子区域，不同子区之间相对独立。OSPF路由协议中的区域的概念是从逻辑上将OSPF节点路由器划分成不同的组，每个组用区域ID号来作为标识。一个AS可被划分成多个OSPF区域，所有区域都需要通过ABR区域边界路由器与OSPF核心区域直接相连。核心区域可以在不同子区之间发布路由信息，核心区域的默认标识为区域0（Area 0）^[7-8]。

OSPF在电力调度数据网中的应用如图1所示，其中绿色部分包含的路由器均属于Area0区域，各省内部的路由器分别组成独立的Area子区域（注：该拓扑图仅为OSPF区域示意图，不反映电力调度数据网真实拓扑连接情况）。



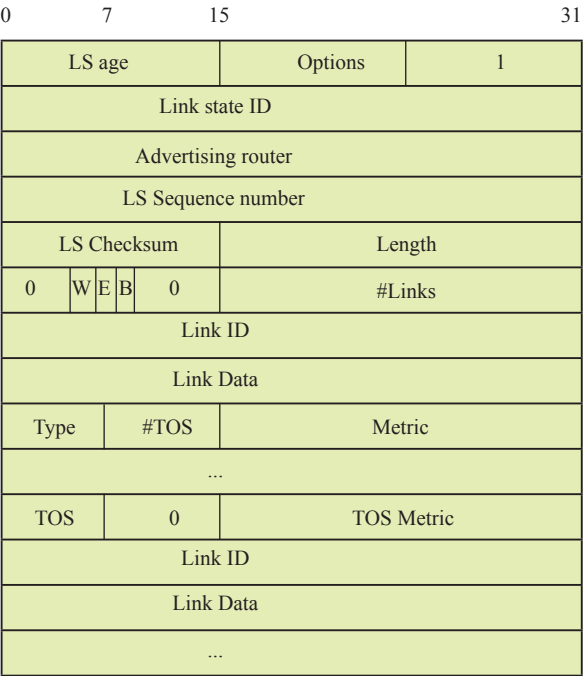


图3 Router LSA结构

体链路信息如下表所示。

表 链路状态信息类型

Type	描述	Link ID	Link Data
1	Point-to-point	邻居RouterID	始发路由器的接口IP地址
2	transit	DR接口IP地址	始发路由器的接口IP地址
3	stub	IP网络号	子网掩码
4	virtual link	邻居RouterID	始发路由器的接口IP地址

(2) Network LSA (类型二)

类型二的LSA：网络LSA(Network LSA)，多路访问网络中DR将会产生类型二的LSA通告，类型二LSA仅在同一个Area区域内部进行泛洪扩散。在多路访问网络中表示路由器的Router ID。类型二LSA格式如图4所示。

类型二LSA仅由DR产生，读取一条类型二LSA只能获得特定链路类型（多路访问类型）的拓扑信息。包括：一个DR节点，DR直连的地址段，以及与DR直连路由器的Router ID。

(3) LSU采集

采集路由器发送的LSU更新报文，本文拟将

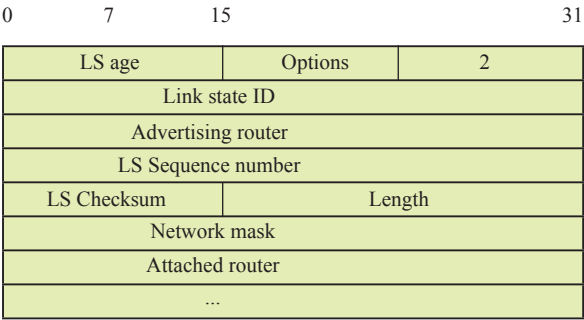


图4 Network LSA结构

采集客户端部署在任意一台直接连入电力调度数据网络的网管服务器上。采集客户端底层抓包使用Libpcap(Unix平台下的网络数据包捕获函数库)。它是一个独立于系统的用户层包捕获的API接口，为底层网络监测提供了一个可移植的框架。Libpcap主要由两部分组成：网络分接头和数据过滤器。网络分接头从网络设备驱动程序中收集数据copy，过滤器决定是否接收该数据包[12-14]。Libpcap自身会对网卡接收到的数据包进行过滤。本机网卡的驱动程序在接收到数据包之后copy一份递送BPF过滤器，过滤器决定下一步动作，接收或者copy部分内容，之后送至上层应用程序[15-16]。

数据包具体采集流程如图5所示[17]。

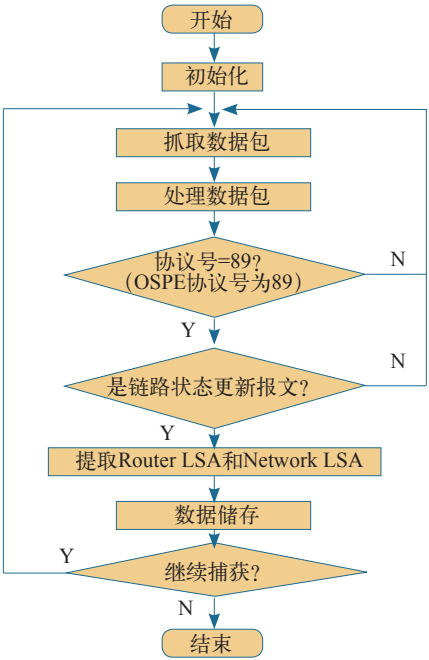


图5 报文采集流程图

3 基于OSPF的网络拓扑发现算法

3.1 算法描述

该算法核心思想是捕获路由器发送的LSU报文中，通过分析类型一和类型二的LSA，进而实现网络拓扑发现。根据类型一LSA的采集分析可得知全网路由器节点的连接关系信息。根据linkType值的不同，可将链路类型分为几种不同类型，而在电力调度数据网中，OSPF的广域网链路类型均为point-to-point，所以可直接提取Router ID，Link ID和LinkData的完整网络连接关系信息。

少量路由器之间可能会有局域网互联，则OSPF链路类型默认为多路访问，此时便需对类型二的LSA进行分析。也可在现网中将局域网互联接口的OSPF链路类型手动设为point-to-point，则会使算法更加简单。

3.2 数据结构

数据结构：
类型一的LSA可获取的信息：路由器标识、区域标识、链路状态标识、通告路由器、边界路由器标识、单区域内路由器链路数量、路由器链路信息表；链路信息表的内容包括：链路信息记录标识、链路标识、链路数据（四字节IPv4地址）、链路类型、路由器LSA标识。

类型二的LSA可获取的信息：路由器标识、区域标识、链路状态标识、通告路由器、公共网段网络掩码。

```
public class SGDNET_R-LSA
//（类型一LSA）
{
//Router LSA 记录标识
private int SGDNET_id;
//路由器 ID
private String SGDNET_R-ID;
//区域 ID
private String SGDNET_areaId;
//链路状态标识
private String SGDNET_LS-Id;
//通告路由器
private String SGDNET_ad-R;
```

```
//边界路由器标志字符串
private String SGDNET_abr;
//单区域内路由器链路数量
private String SGDNET_links;
//路由器链路信息列表
private List<SGDNET_RouterLinkInfo>SGDNET_routerLinkInfoList;
}
public class SGDNET_RouterLinkInfo
//（链路信息）
{
//链路信息记录标识
private int SGDNET_id;
//链路标识
private String SGDNET_L-ID;
//四字节地址
private String SGDNET_L-D;
//链路类型
private String SGDNET_L-Type;
//对应的 Router LSA 记录标识
private int SGDNET_R-LSAId;
}
public class SGDNET_N-LSA
//（类型二LSA）
{
// Network LSA 记录标识
private int SGDNET_id;
//路由器 ID
private String SGDNET_R-ID;
//区域 ID
private String SGDNET_areaId;
//链路状态ID
private String SGDNET_LS-Id;
//通告routerId
private String SGDNET_ad-R;
//公共网段网络掩码
private String SGDNET_N-Mask;
//公共网段所连所有路由器ID 列表
private List<SGDNET_AttachedRouter>SGDNET_attachedRouterList;
```

```
}
public class SGDNET_Connect
{
    //路由器 ID
    private String SGDNET_R-ID;
    //路由器接口地址
    private String SGDNET_routerIfAddress;
    //连接类型
    private String SGDNET_L-Type;
    //网络号或路由器接口地址
    private String SGDNET_netOrRouterIfAddress;
}
```

3.3 拓扑发现算法

拓扑发现算法的部分代码描述如下：

```
for(LSA_List中所有元素){
    if(是SGDNET_R-LSA){
        则以SGDNET_R-ID, SGDNET_L-ID和
        SGDNET_L-D实例化一个SGDNET_Connect类的
        对象,
        CON;
        for(SGDNET_R-LSA中所有链路信息){
            依据SGDNET_L-Type数值判断出该条链
            路类型
        }
    }else if(是SGDNET_N-LSA){
        通过SGDNET_LS-Id和SGDNET_N-Mask计
        算出DR直连网段地址SGDNET_T-Address;
        将SGDNET_LS-Id和SGDNET_T-Address添
        加MapB;
    }
}
```

连接关系列表CON-list:

```
while(MapA非空){
    MapA.get(SGDNET_ad-R)
    获得 adv-Router对应SGDNET_L-ID;
    if(MapB_con-KEY (SGDNET_L-ID)){
        得到 SGDNET_L-ID 对应 SGDNET_
        T-Address;
        以 SGDNET_ad-R,SGDNET_L-ID 和
        SGDNET_T-Address实例化类对象,
```

添加进CON-list中;

}

4 OSPF拓扑算法在电力调度数据网中的优缺点

4.1 算法应用优势

从图1可以看出，电力调度数据网骨干网全网部署OSPF路由协议。在数据网中应用本算法，优势如下：①切合数据网拓扑环境，可快速完整的获取骨干网的拓扑结构；②算法原理基于OSPF协议，便于维护人员理解；③协议本身为公有协议，厂商对其支持度都较高，兼容性优秀；④基于目前数据网中广域网连接仍存在很多N*2M的低速链路，此种算法可节约宝贵的带宽资源；⑤可与其他拓扑算法配合使用，达到更快速、更准确的目的。

4.2 算法应用不足

电力调度数据网宏观示意图如图6所示。

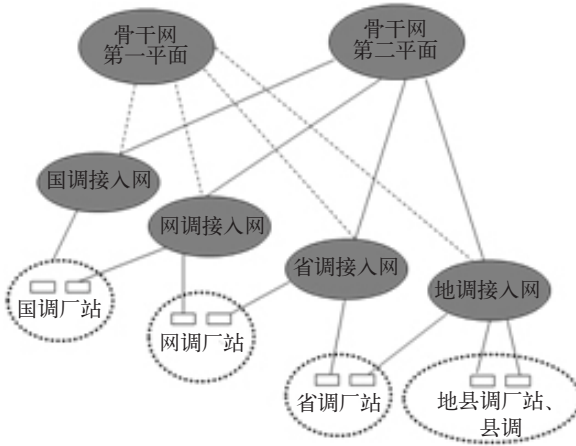


图6 电力调度数据网自制系统间互联示意图

注：1. 各蓝色椭圆形区域代表了不同的自制系统（AS），因此单一使用OSPF拓扑算法仅能获取到单个AS内部的网络层拓扑，无法获取整张电力调度数据网络的完整拓扑信息。

2. 由于OSPF没有提供端口级的拓扑连接信息，无法发现子网内部的拓扑结构。因此，仅仅凭借单一OSPF拓扑算法是无法满足现网的需求的。

5 结合电力调度数据网特性加入SNMP算法

由于电力调度数据网的庞大与负责，要想获取到电力调度数据网完整的网络层拓扑信息，以及链路层信息，不得不依靠SNMP协议读取网络设备的MIB信息，来弥补OSPF拓扑算法的不足。

在同一AS内部，既然已经通过OSPF拓扑算法获取了每个网络节点的三层拓扑信息，则没有必要再像传统SNMP算法那样逐IP地址段扫描出节点，可直接利用获取到每个节点的loopback地址，直接访问该节点的MIB信息，如接口MIB等，这样便可获取到链路层的拓扑机构。

对于与本AS互联的相邻AS内部拓扑如何获取，可选取采集客户端（即网管软件服务器）直连的路由设备作为种子节点，读取该节点的路由表信息，根据路由表中子网掩码为32位的OSPF外部路由条目即可获知相邻AS内的网络节点Router ID。针对各Router ID的IP地址直接读取MIB信息，即可获取网络层、链路层的拓扑信息。

6 结束语

在诸如电力调度数据网这种大型企业网络中，用单一的拓扑算法无法很好地满足需求。针对通用网络、特定专网，多种算法结合，快速、准确地绘制出真实互联拓扑，是一个好的网络管理系统必不可缺的功能。同时也是大型企业网络管理人员不变的需求。

参考文献

[1] 王志刚, 王汝传, 王绍棣, 等. 网络拓扑发现算法的研究[J]. 通信学报, 2004, 25(8): 36-43.

[2] 董宏亮, 杨英杰, 姜增良. 网络拓扑自动发现系统的设计与实现[J]. 计算机应用, 2007, 27(7): 1587-1590.

[3] 杨安义, 朱华清, 王继龙. 一种改进的基于SNMP的网络拓扑发现算法及实现[J]. 计算机应用, 2009, 27(10): 2412-2419.

[4] Case J, Fedor M, Schooffstall M, et al. RFC 1157. 1990A smple network management protocol(SNMP)[S].

[5] Shaikh A, Goyal M. An OSPF topology server: design

and evaluation[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(4): 746-755.

[6] 石永革, 陈晓璠. 网络拓扑搜索算法的分析与优化[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(12): 2848-2850.

[7] 何杭锋. 网络拓扑发现技术研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2013.

[8] 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.

[9] 倪勇, 史怀洲, 朱培栋. 基于OSPF链路状态数据库构建网络拓扑[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(3): 1-4.

[10] 王慧, 罗军勇, 寇晓蕊. 基于OSPF协议报文的网络拓扑分析算法[J]. 计算机工程, 2008, 34(6): 103-105.

[11] 赵天福, 周丹平. 基于OSPF协议的网络拓扑发现技术的实现[J]. 江南大学学报: 自然科学版, 2008, 7(2): 151-156.

[12] 余雪勇, 卞乃猛, 唐家益. 基于OSPF协议的快速动态路由算法研究[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2008, 10(03): 74-77.

[13] 潘文熹, 梁伟, 陈沫, 等. 基于OSPF和BGP的网络拓扑实时发现系统的设计[J]. 计算机应用, 2007, 27(12): 2995-3000.

[14] 平震宇. Libpcap数据包捕获机制剖析与研究[J]. 信息网络安全, 2008(8): 37-39.

[15] 刘威, 李昊. 网络数据包收发器的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(21): 4728-4731.

[16] 王景琪, 左明, 张功杰. BPF数据包过滤器的分析与研究[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(9): 2384-2386.

[17] 石飞, 史岚, 乔建忠, 等. 网络数据采集技术研究[J]. 小型微型计算机系统, 2008, 29(10): 1912-1915.

作者简介

金明辉（1977-），男，工程师，主要研究领域为电力系统自动化及计算机网络。

（收稿日期：2015-12-10） EA

（编辑：鞠佳）