

华北电力调度数据网网络设计与应用

张宣江¹, 卢国良², 孙燕萍³, 杨静⁴, 张建勋⁴, 金焱⁴

(1. 华北电网有限公司, 北京 100053; 2. 中国大唐集团, 北京 100032; 3. 华能国际电力股份有限公司, 北京 100031;
4. 北京超高压公司变电检修处, 北京 102413)

摘要: 为了保证华北电网的安全、经济、优质运行, 建立和投运华北电力调度数据网。按照三层网络结构考虑, 核心层、骨干层采用环形结构, 接入层采用星形双归结构。在华北网调设置网管中心, 统一进行全网的网络管理和业务管理。采用三级分层 IP 技术, 在高可靠性的光纤传输通道上建立了高带宽、高性能的数据通信网络, 可满足华北电力调度生产相关业务的数据传输需要。对华北电力调度数据网网络设计的网络拓扑、IP 规划、MPLS VPN、网络安全、网络管理等方面进行了分析阐述。

关键词: 电力调度数据网; 网络拓扑; 网络安全; IP 规划; 网络管理

Design and implementation of North China power dispatch data network

ZHANG Xuan-jiang¹, LU Guo-liang², SUN Yan-ping³, YANG Jing⁴, ZHANG Jian-xun⁴, JIN Yan⁴

(1. North China Grid Company Limited, Beijing 100053, China; 2. China Datang Corporation, Beijing 100032,
3. Huaneng Power International, Inc, Beijing 100031, China; 4. Beijing Extra High Voltage Power Supply Company
Electricity Transformation and Inspection Department, Beijing 102413, China)

Abstract: To ensure the operation of the North China Power Grid safely, economically and qualitatively, it needs to establish and put North China power dispatch data network into operation. According to the three-tier network structure, the core and backbone layers adopt ring structure, the access layer adopts double star structure. It sets the network management center in the dispatching and communication center, runs the network and operations management uniformly. With three hierarchy and IP technology adopted and data communication network with high bandwidth and performance constructed on the highly reliable optical fiber transport channel, the North China power dispatch data network can meet the requirement of related business for data transmission. The design of the data network is analyzed in the aspects of network topology, IP layout, MPLS VPN, network security, and network management.

Key words: power dispatch data network; three-tier network structure; network topology; network security; IP layout; network management

中图分类号: TM734 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)02-0049-05

0 引言

随着科学技术的发展, 特别是计算机技术、信息技术、通信技术等相关领域的长足发展, 为电网调度自动化提供了优越的环境。过去各调度中心采用分层的点对点方式逐层交换信息, 现在可以实现各调度中心计算机系统间甚至与厂站监控用的计算机系统间信息互相交换, 构成电力实时数据网, 实现电网实时系统、电力市场以及其它管理信息的信息共享等^[1]。

我国电力调度系统数据网络^[2]SPDnet 分为三级: 国家电力调度通信中心与各大区网调及独立省

调之间的数据网络称为一级网络, 利用电力系统的数字微波和卫星通道, 构成基本网架; 大区网调与区内省调及直属地调之间的数据网络称为二级网络; 省调与地调之间的数据网络称为三级网络。

电力调度数据网的建立和投运, 为电网调度自动化系统的全国联网和 MIS 系统的全国联网奠定了基础, 为保证电力系统的安全、经济、优质运行提供了技术措施, 是电力系统技术进步的表现^[1]。

1 华北电力调度数据网简介

华北电力调度数据网属于 SPDnet 二级网络, 网覆盖华北三个省、一个自治区、两个直辖市以及

点对点的链路地址的分配主要分下面几个部分:核心设备到骨干层设备的互连+骨干层设备到接入层设备的互连。对于点对点的链路,其需要两地址,一个两个地址空间的子网需要4个IP地址,这样一个C类地址(256个),可以满足64个点对点链路的需要。

核心层设备到汇聚层设备的互连:从核心的6个节点到26个骨干层节点,一共使用了28根链路,再加上核心的6个节点之间的互连的8根链路,一共是36根链路,那么这一部分所需要的IP地址为 $36 \times 4 = 144$ 个地址。考虑到以后的扩展性,可以给该部分的互连地址4个C类地址,即10.10.251-254.0/24。

骨干层到接入层设备的互连:考虑到地址比较充裕,且一定的可管理性和便于汇聚的特点,给每个骨干层到接入层的互连地址分配一个C类地址。总共有26个骨干路由器,所以一共分配26个C类地址,即10.10.1-26.0/24。

华北电力调度数据网一共有102台路由器设备,所以给其分配一个C类地址,10.10.250.0/24。对于各个局域网内部的业务地址,可根据其各自的网络规模和需要,设计若干C类,并做适当预留,为做汇聚的方便,可选择4或8的C类间隔。对于分配IP地址时充分采用VLSM和CIDR,减少路由表信息在广域网上的传送,从而达到优化整个网络和保障路由策略实施的目的。

3.2 MPLS VPN 部署方案及质量保证

华北电力调度业务部署MPLS L3 VPN。所有路由器设置为PE,交换机设置为CE,PE和CE之间的路由器协议采用静态路由,在必需情况下部署动态路由,骨干网采用OSPF作为IGP协议,华北网调节点的两台路由器作为BGP RR,所有的PE与两台BGP RR之间建立IBGP连接,BGP RR之间建立IBGP连接。考虑到未来和其他厂商互通和配置简便,采用LDP信令作为VPN信令。

在华北电力调度数据网中,部署两个MPLS VPN:一个承载实时业务,一个承载非实时业务。考虑到未来可能还有其它的业务融合在本次建设的网络中,部署以下功能保证VPN业务的服务质量。考虑到未来业务的扩展,当多业务融合时优先考虑VPN业务的保证,业务分实时VPN业务:严格优先级(EF),占有链路带宽的30%;非实时VPN业务:保证优先级(AF),占有链路带宽的30%;其它业务:尽力而为(BF),占有链路带宽的35%;网络控制信息(NC):占有链路带宽的5%。

为提高链路可用性以及实际使用,采用MPLS

Fast Reroute技术的link protection方式, Fast Reroute可以实现在50ms内链路切换到另一路径,其转换时间与SDH网络相当。可用手动方式设定这些备用的LSP,在此过程中完全无需涉及到IGP(IS-IS或OSPF)、Hello参数、SPF,或是任何其它可能影响到IGP稳定性的参数。

由于华北电力调度数据网本身具有较复杂的网络拓扑结构,为了在运行过程中避免出现拥塞,以及链路调配不便等方面的问题,因此在网络调整过程中考虑对基于MPLS的流量工程方面的应用。随着网络的发展,华北电力调度数据网也可依靠在骨干网的任意两个节点间部署RSVP LSP,从而使得网络可以通过流量工程路径、CoS路径,或是带宽保留路径,以获得高效能及可靠度。

表1 调度数据网部分测试结果

Tab.1 Part of the test result

发送端	接收端	丢包率	发包率
华北局	张家口	0.000061	61%
张家口	华北局	0.00006	61%
华北局	修试公司	0.00040	100%
修试公司	华北局	0.00040	100%
华北局	北超	0.00007	61%
北超	华北局	0.00007	61%
华北局	承德地调	0.000001	100%
承德地调	华北局	0.000001	100%
华北局	房山变电站	0.0001	100%
房山变电站	华北局	0.0001	100%
华北局	秦皇岛局	0.000001	100%
秦皇岛局	华北局	0.000001	100%
华北局	天津地调	0.000001	100%
天津地调	华北局	0.000001	100%

表1是调度数据网的部分测试结果,因现在处于测试阶段,部分数据不是很理想,但在可接受范围内。传输延时小于0.5ms。

4 网络安全与管理

4.1 网络安全

考虑调度自动化系统的安全,应首先根据系统对安全性、可靠性、实时性、保密性等方面不同的特殊要求,按照国家有关部门的规定,从应用系统的各个层面出发,制定完善的防护策略^[1]。数据网除了传送EMS数据外,还要传送电能量数据、电力市场信息和调度生产信息。应根据各类应用的不同特点,采用不同的安全防护措施。

针对路由器及其它网络组件攻击数量的大大增加,为了保护网络不受意图破坏网络的人的攻击,必须采取积极的措施,找出并利用能够增强网络安全性的网络和路由器设计特性。

路由器安全性分为以下 3 个要素：路由器的物理安全性，操作系统安全性，配置增强。保护任何网络设备的第一步就是限制设备的物理接入。如果攻击者能够访问到路由器的 console 口，防止这种攻击的难度就会非常大。路由操作系统固有的安全性在路由器安全性中也起着重要作用。如果操作系统本身不安全，则路由器可能会受到影响，为了防止这种非法利用，操作系统必须极为稳定、强韧。安全的操作系统还提供一些特性，来帮助用户保护网络不受攻击影响。主要考虑路由器安全性的第三个方面：路由器配置的增强。配置增强指利用路由器操作系统提供的工具来应用可靠的安全性策略的方法。只要有一套强韧的安全工具，实际上任何路由器配置都能够安全地运行。即便有了这些工具，也还是有可能因为错误配置一个本来完全安全的操作系统，导致路由器容易受到攻击。

网络安全的具体措施主要包含以下 4 个方面：

1) JUNOS 软件安装并配置根帐户密码之后即成为了一个增强的系统，防止攻击者攻击。JUNOS 软件不转发定向广播，默认状态下禁用路由器的远程管理访问，不支持用 SNMP Set 功能来编辑配置数据，有一个速率限制器，应用在发送到路由引擎的 ARP 数据包上。JUNOS 软件在默认配置下禁用所有远程接入，提供了初步的远程接入安全性。这样除非由经过授权的打开，否则不可能进行远程接入。

2) 由不同人员管理多台路由器会产生帐户管理问题。采用集中鉴权服务来解决这个问题，简化帐户管理工作。利用这个机制，可通过一台中央服务器执行帐户创建和删除操作。集中鉴权系统还可以简化 SecureID 等一次性密码系统的使用；这种系统可以很好的防止密码嗅探和密码重放攻击，利用一次性密码，合法每次接入系统时都将使用不同的密码字符串。即使攻击者能够窃听到密码，系统在随后的登录尝试中也不会接受它。

3) 对路由协议信息进行鉴权，经过计算的散列信息与数据一同传输。接收方使用匹配的密钥来重新计算并证实信息散列。如果攻击者伪造或修改了信息，散列会不匹配，数据将被丢弃。

4) 为了避免攻击者消耗 RE 上的路由器资源，使用防火墙过滤器。由于所有 Juniper 网络公司路由器都在硬件中实施了防火墙，而且并不影响转发速度，所以防火墙过滤器能够在不限制性能的情况下灵活且有力地防止攻击。

4.2 网络管理

网络管理的目的是保证整个网络达到尽可能高的运行效率，对复杂的网络环境进行控制，保证

网络传输的可靠性，传输数据的安全性，网络整体性能的稳定性。网络管理系统是十分重要的一个部分。此外，网络管理的另一个重要功能就是实现全网性能监测和参数设置^[4]。

网络管理可通过带内和带外两种方式来实现，从成本和技术角度考虑，调度网宜采用带内管理方式^[3]。就华北电力来说，所有的网管主机均集中在华北电网骨干节点，采用带内管理方式。

华北电力调度网采用 HP OpenView NNM 网络管理解决方案，能够对全网 MPLS VPN 进行管理。

1) NNM 的自动发现机制支持 IP 和 IPX 网络环境，能够自动检测网络节点和网络连接，并通过 SNMP 协议识别节点类型。各种网络设备、服务器、工作站及其它连网设备均能够被 NNM 所发现。NNM 根据自动发现的结果自动生成网络拓扑结构图，并保存在数据库中。采用带内管理方式。

2) NNM 自动地持续监测网络节点和连接，并对网络拓扑图进行实时更新。网络中任何结构的变化或节点的增减都能够被 NNM 及时发现，并在拓扑图中得到及时反映。同时，各种网络配置事件也会被 NNM 自动收集和保存，管理员能够从警告浏览器中观察所有网络配置变化情况。

3) NNM 以图形方式显示网络拓扑图。管理员能够在拓扑图中漫游，查询网络拓扑信息和网络节点信息，如 IP 地址、主机名等。网络节点的不同运行状态和管理状态在拓扑图中表现为不同颜色，开机、关机、IP 地址重用等事件均可在窗口中反映出来。

缺省情况下，NNM 自动对全部网络环境范围内各种类型的连网设备进行管理。NNM 允许管理员对管理域进行配置，根据网络环境及管理需求对 NNM 管理的范围、设备类型等进行定义，以突出管理重点，提高管理效率。

4) HP OpenView 把网络维护管理人员分为日常监控人员、网络维护人员三类。日常监控人员的监控界面和维护管理人员的管理界面分离，监控权限和管理权限分离。日常监控人员只有查询图形界面及事件的权限；网络维护人员有事件处理的权限，对网络设备和网络资源管理的权限；网络管理人员除以上权限外，还有配置网管系统的权限。由日常监控人员负责日常网络监控，网络维护人员负责网络日常维护，网络管理人员负责网络管理系统维护。

5) HP OpenView 通过与网络设备厂商专有的管理软件集成，对骨干路由器等网络设备进行远程配置和管理。HP OpenView 能实现对设备使用率的监控与阈值报警，对网络设备性能的图形监控功能，监控网络设备每个端口流量、CPU 利用率、缓冲区

使用情况等。

5 总结

对于电力调度数据网络,实时数据和生产数据的传输基本上相当于恒定负载,实时性较强,管理信息的传输基本上是突发性负载,传输频度较低,两类负载具有很好的互补性。

华北电力调度数据网络的设计建立在对其承载业务分析的基础上,电力调度业务的实时性、准确性和安全性是首要问题,是数据网络设计的出发点。网络的安全性设计是电力调度数据网的重点,MPLS VPN 为网络安全提供了可靠的技术支持,网络管理系统采用优秀的网络管理解决方案,将为网络投运后的运行、维护带来便利。

参考文献

- [1] 张永健. 电网监控与调度自动化[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [2] 王益民. 国家电力调度数据网的设计与实施[J]. 电网技术, 2005, 29 (22): 1-6.
WANG Yi-min. Design and Implementation of State Grid Dispatching Digital Network[J]. Power System Technology, 2005, 29 (22): 1-6.

- [3] 彭清卿, 向力, 卢长燕,等. 国家电力调度数据网组网研究[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (8): 10-14.
PENG Qing-qing, XIANG Li, LU Chang-yan, et al. Study on State Grid Dispatching Digital Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (8): 10-14.
- [4] 林荣东, 陈枫, 林为民,等. 基于广域网连接的电力数据网设计[J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (10): 53-56.
LIN Rong-dong, CHEN Feng, LIN Wei-min, et al. The Design of Power Data Network Based on WAN[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (10): 53-56.

收稿日期: 2007-04-11; 修回日期: 2007-06-22

作者简介:

张宣江 (1964-), 男, 高级工程师, 从事电力系统运行技术和人力资源方面的工作; E-mail: hbdj_yangjing@126.com

卢国良 (1974-), 男, 高级工程师, 从事电力市场营销方面的研究和工作;

孙燕萍 (1974-), 女, 工程师, 从事电力市场营销方面的研究和工作。

(上接第 30 页 continued from page 30)

- [12] Cramer H. Mathematical Methods of Statistics[M]. Princeton: Princeton University Press, 1974.
- [13] 王锡凡, 电力系统优化规划[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.
- [14] Zhao M, Chen Z, Blaabjerg F. Probabilistic Capacity of a Grid Connected Wind Farm Based on Optimization Method[J]. Renewable Energy, 2006, 31 (13): 2171-2187.
- [15] Feijoo A E, Cidras J. Modeling of Wind Farms in the Load Flow Analysis[J]. IEEE Trans on Power System, 2000, 15 (1): 110-115.
- [16] Greene S, Dobson I, Alvarado F L. Sensitivity of the Loading Margin to Voltage Collapse with Respect to Arbitrary Parameters[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1997, 12 (1): 262-270.
- [17] 陈为化, 江全元, 曹一家, 等. 电力系统电压崩溃的风险评估[J]. 电网技术, 2005, 29 (19): 6-11.
CHEN Wei-hua, JIANG Quan-yuan, CAO Yi-jia, et al. Risk Assessment of Voltage Collapse in Power System[J]. Power System Technology, 2005, 29 (19):

6-11.

- [18] 雷亚洲, 王伟胜, 印永华, 等. 基于机会约束规划的风电穿透功率极限计算[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22 (5): 32-35.
LEI Ya-zhou, WANG Wei-sheng, YIN Yong-hua, et al. Wind Power Penetration Limit Calculation Based on Chance Constrained Programming[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22 (5): 32-35.

收稿日期: 2007-07-10

作者简介:

周 玮 (1981-), 女, 在读博士, 主要从事含有风电场电力系统静态安全分析工作; E-mail: zhouwei_ee@163.com

彭 昱 (1973-), 女, 在读博士, 主要从事电力系统电压稳定, 优化的研究工作;

孙 辉 (1964-), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统分析、新能源控制技术, DFACTS 在电力系统中的应用等研究工作。