

基于卫星的电力应急通信网^①

彭迪栋¹, 董武¹, 陈波²

¹(贵州电网公司 电力调度控制中心, 贵阳 550002)

²(四川安迪科技实业有限公司, 成都 610061)

摘要: 基于卫星的电力应急通信网是保障电力系统业务数据可靠调度的重要一环. 根据电力调度数据网实际组网情况, 提出了一种基于 VAST 卫星网络架构电力应急通信网的方案, 实现了在地面传输链路发生变化时, 数据业务能够在电力调度网和卫星网络之间自动切换及恢复的机制. 最后, 通过在贵州电力调度数据网的测试验证了该方案的可行性.

关键词: 卫星网络; 电力应急通信网; VAST; OSPF; MPLS

Power Emergency Communication Network Based on Satellite

PENG Di-Li¹, DONG Wu¹, CHEN Bo²

¹(Guizhou Power Grid Dispatching and Control Center, Guiyang 550002, China)

²(Sichuan Andi S & T Industry Co. Ltd, Chengdu 610061, China)

Abstract: Power emergency communication network based on satellite can guarantee the reliability of the power system scheduling data network. In this paper, according to the actual network situation of power scheduling data network, a power emergency communication network architecture based on satellite is presented. When the terrestrial transmission links change, it realizes the mechanism of data traffic automatic switching or recovering between the power scheduling network and satellite network. The feasibility of this design is verified by testing in power scheduling traffic network of Guizhou.

Key words: satellite network; power emergency communication network; VAST; MPLS

1 引言

电力调度数据网承载着电力系统中重要的业务, 如自动化信息等, 保证电力系统业务的可靠传输是电力公司的重要工作. 由于卫星网络的传输距离远, 且抵御自然灾害的能力较强, 因此卫星传输技术得到了越来越广泛的应用^[1,2]. 基于卫星构建电力应急通信网也可以显著地提高电力通信网的可靠性及抗灾能力.

目前, 电力调度数据网主要是基于光纤链路构建的. 当电力调度数据网的光纤链路发生故障后, 业务数据应该切换到电力应急通信网进行传输; 而当地面光纤链路恢复时, 业务数据传输链路应当及时回切到电力调度数据网. 由于光纤传输链路发生故障是突发及不确定的, 因此业务数据在电力调度数据网和卫星

网之间的切换动作需要自动完成, 并且由于切换引发的业务中断时间需要尽量短. 本文针对这一问题, 提出了一种解决方案, 以满足上述需求.

2 电力调度数据网的网络架构

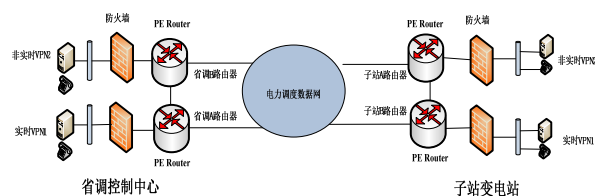


图1 电力调度数据网络架构

如图1是典型的电力调度数据网络架构, 是通过

① 基金项目: 科技部技术创新基金(13C26215104915); 中国南方电网科研资助项目(K-GZ2013-434)

收稿时间: 2015-06-29; 收到修改稿时间: 2015-08-27

光纤介质构建的数据传输网。电力调度数据网通过 PE (Provider Edge)路由器构建 MPLS-VPN (Multi-Protocol Label Switching- Virtual Private Network)网络。当变电站之间需要进行业务传输时, 用户业务数据穿过防火墙之后会发送到 PE 路由器, PE 路由器将业务封装成 MPLS 报文, 通过 VPN 网络到达对端 PE 路由器, 对端 PE 路由器剥掉 MPLS, 根据目的 IP 发送报文到目的用户。

当 PE 路由器之间的光纤传输链路发送故障了, 变电站之间的业务将发生中断。因此构建电力调度数据网的备份网络即电力应急通信网就显得非常的必要。

3 基于卫星的电力应急通信网的设计

由于卫星传输距离远, 且抵御自然灾害的能力较强, 基于卫星构建电力应急通信网是首选的技术方案。基于卫星的电力应急通信网的网络架构如下图:

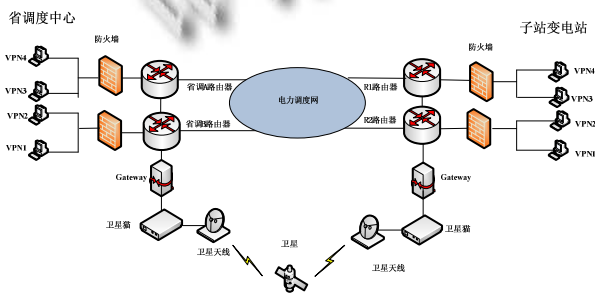


图 2 基于卫星的电力应急通信网的网络架构

如图 2 中, 各变电站都部署两台 PE 路由器, 两台 PE 路由器互为备份, 提高调度数据网的可靠性, 如省调 A 路由器和省调 B 路由器, 子站 R1 路由器和 R2 路由器。由于电力调度数据网是 MPLS-VPN 网络, 而卫星网络是 IP 网络, 所以在各变电站部署一台卫星网关 Gateway, 进行 MPLS 报文与 IP 报文的转换^[3]。除此之外, 在主站和子站中都部署卫星猫, 用于调制解调报文。

图 2 中, 卫星网络是电力调度数据网的备份网络即电力应急通信网络。变电站之间的业务通信有两条路由, 一条通过电力调度网进行传输, 一条通过卫星网络进行传输。当电力调度网络发生故障时, 业务数据会切换到卫星网络; 当电力调度网络恢复时, 业务数据传输从卫星网络回切到电力调度数据传输网。

3.1 VSAT 卫星通信系统

本设计采用工作于 Ku 频段的 VSAT(Very Small

Aperture Terminal)卫星通信系统来构建电力应急通信网络。VSAT 卫星通信系统采用星形组网, 子站调度业务回传采用 SCPC/DAMA (Single Channel Per Carrier/Demand Assignment Multiple Access)方式。SCPC 即单路单载波是频分多址(Frequency Division Multiple Access, FDMA)的一种, 即每一个子站使用一个载波; 信道的按需分配方式(DAMA)是指所有的信道归各站所共有, 信道的分配是根据各地面站提出的申请而临时决定的^[4]。SCPC / DAMA 因为是在每一载波上只传输一个子站的业务数据, 当没有数据时, 可以通过网管系统, 关闭所有载波, 而在有数据业务时才发射载波, 从而可以大大节约卫星带宽资源。同时在省调中心部署主站集中控制管理系统, 监控卫星网络中的设备及业务运行状态。

通过 VSAT 卫星通信系统主站和子站之间可以满足多种业务需求, 如文件传输、VoIP 语音、视频会议等数据业务的传输。

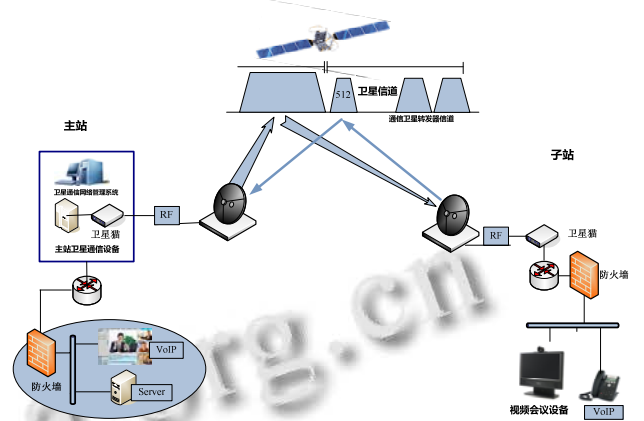


图 3 卫星通信网络示意图

3.2 电力调度网与卫星网之间的切换机制

如图 4 所示在 PE 路由器、电力调度网、卫星网关 Gateway 中部署 OSPF(开放式最短路径优先 Open Shortest Path First)动态路由协议^[5-7], 这些设备将可以动态学习到它们相互之间的可达路由。如在省调 B 路由器上就可以学习到两条到达子站 R2 的路由, 一条是通过电力调度网 R_{地调}, 一条是通过卫星网络 R_{卫星}。根据路由动态协议, OSPF 将选择链路 cost 值最小的那条路由。依据此规则, 可以通过改变卫星网关 Gateway 接口的 cost, 以使 OSPF 选择特定的路由。

现假设省调 B 路由器到子站 R2 路由器的路由 R_{地调}的 cost 值为 C_{地调}, 路由 R_{卫星}的 cost 为 C_{卫星}。为了不

改变电力调度网现有的配置, 可以设置卫星网关 Gateway 的接口 cost, 使

$$C_{\text{卫星}} > C_{\text{地调}}$$

则省调 B 路由器 OSPF 将会选择 R_{地调}路由, 这样用户的业务数据将从电力调度数据网进行传输. 当省调 B 路由器与子站 R2 路由器之间传输链路中断时, 路由 R_{地调}的 C_{地调}将趋于∞.

$$C_{\text{地调}} \rightarrow \infty (\text{链路中断})$$

此时省调 B 路由器 OSPF 将会选择 R_{卫星}路由, 这样用户的业务数据将通过卫星网络进行传输. 当省调 B 路由器与子站 R2 路由器之间传输链路恢复时, 路由 R_{地调}的 C_{地调}将恢复原来的设置, 此时

$$C_{\text{卫星}} > C_{\text{地调}}$$

省调 B 路由器 OSPF 将会选择 R_{地调}路由, 用户的业务数据又将回切到电力调度数据网传输.

通过设置卫星网关接口的 cost 值, 使得 PE 路由器 OSPF 路由

$$C_{\text{地调}} (\text{链路中断} \infty) > C_{\text{卫星}} > C_{\text{地调}} (\text{链路正常})$$

这样就可以完成在传输链路发送故障或恢复时, 业务数据可以在电力调度数据网与卫星网络之间自动切换或者回切.

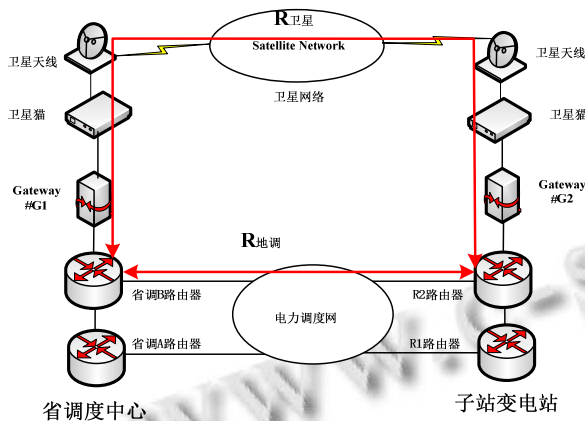


图 4 变电站之间的路由链路图

3.3 传输链路备份机制

在图 4 中, 除了卫星网络部分, 整个网络构成了一个大的 MPLS 网络. 在进行业务数据传输之前, 会先建立 MPLS 标签转发路径. 在传输链路发生故障时, 如果 MPLS 转发链路需要重新建立的话, 可能会导致业务数据的丢失. 为了保证 MPLS 网络的可靠性, 可以在 MPLS 网络中部署 LDP FRR(Label Distribution

Protocol Fast Reroute)技术, 实现快速切换, 大大减少业务数据丢失的概率.

LDP FRR 是一种提高 MPLS 网络可靠性的技术, 它预先建立备份标签转发路径, 当链路故障发生时, 它就不需要重新建立转发路径, 可以快速将业务倒换到备份路径上, 这样就减少了报文丢失的概率.

4 测试验证

为了验证该方案的可行性, 在贵州电力调度网搭建了如图 2 的测试环境. 在测试中通过断开或者恢复子站 R1、R2 与电力调度网的网络连接来模拟电力调度网的传输链路发生变化的情况, 同时从路由和业务两个方面对该方案进行验证.

4.1 路由验证

(1)在断开子站 R1、R2 路由器与电力调度网的连接之前, 在省调 B 路由器上 ping 子站 R2 路由器.

```
<MSR3020>ping 10.35.235.1
PING 10.35.235.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 10.35.235.1: bytes=56 Sequence=0 ttl=252 time=10 ms
Reply from 10.35.235.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=252 time=9 ms
```

图 5 链路断开之前网络 ping 结果

(2)在断开子站 R1、R2 路由器与电力调度网的连接后, 在省调 B 路由器上 ping 子站 R2 路由器.

```
<MSR3020>ping 10.35.235.1
PING 10.35.235.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 10.35.235.1: bytes=56 Sequence=0 ttl=252 time=552 ms
Reply from 10.35.235.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=252 time=570 ms
```

图 6 链路断开之后网络 ping 结果

(3)在恢复子站 R1、R2 路由器与电力调度网的连接后, 在省调 B 路由器上 ping 子站 R2 路由器.

```
<MSR3020>ping 10.35.235.1
PING 10.35.235.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 10.35.235.1: bytes=56 Sequence=0 ttl=252 time=10 ms
Reply from 10.35.235.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=252 time=10 ms
```

图 7 链路恢复之后网络 ping 结果

从测试结果图 5 中可以看到, 在 R1、R2 断开与电力调度网的连接前, ping 的网络延迟为 10ms 左右, 说明报文通过地面调度网络传输; 当断开 R1、R2 与电力调度网的网络连接后, 图 6 中 ping 延迟变为 550ms 以上, 说明报文通过卫星网络传输; 当恢复 R1、R2 与电力调度网的连接时, 数据传输链路又回切到电力调度网, 图 7 中 ping 延迟又变为 10ms. 在网络传输链路的切换及回切的过程中, 路由切换正确.

4.2 业务验证

为进一步通过电力系统的业务数据验证该方案,在电力调度网的主变电站和子变电站之间进行业务数据切换测试验证,即在网络传输链路发生切换前后验证业务数据调度传输是否正确.业务数据包括自动化调度数据、卫星电话、监控数据.

表1 电力业务数据验证

业务类型	切换前	切换后	回切后
调度数据	数据调度正常	数据调度正常	数据调度正常
卫星电话	正常通话	正常通话	正常通话
监控数据	正常采集	正常采集	正常采集

从表1表明在网络传输链路发生切换及回切后,电力业务数据调度传输正确,证明了该方案的可行性.

5 结语

本文设计了一种基于卫星的电力应急通信网的方案,面对传输链路发生变化时,该方案可以自动完成电力调度网与卫星网络之间切换及回切,且没有发生业务中断的现象.除此之外,该方案不需改变现有的网络环境及配置,实施起来简单易行.

参考文献

- 1 王丽娜.卫星通信系统.北京:国防工业出版社,2006.
- 2 谭维焱,顾莹琦.空间数据系统.北京:中国科学技术出版社,2004.
- 3 许枫,尤政.CCSDS 空间通信协议及其与互联网通信协议的比较.中国航天,2007(5): 26-29.
- 4 陈振国,杨鸿文,郭文彬.卫星通信系统与技术.北京:北京邮电大学出版社,2003.
- 5 严斌宇,卢伟,黄锐.OSPF 路由选择协议的研究.四川大学学报,2002,39(3):460-464.
- 6 J Moy. RFC2328, OSPF Version2. Ascend Communications, Inc. April 1998.
- 7 Comer DE. Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols and Architecture, Volume I. 5th edition. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 2005.
- 8 Li C. Application of satellite communication system to power dispatching in mountains area. Automation of Electric Power Systems, 2002, 16(22): 22-25.
- 9 Spilker JJ. Digital Communication by Satellite. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1977.
- 10 Shafi M, Ogose S, Hattori T. Standardization on board band wireless access: Wireless ATM and IP. Wireless Communications in the 21st Century, 2002: 101-121.