

文章编号: 2096-1618(2017)06-0636-08

市级气象园区网高可靠性与负载均衡设计

曾继荣¹, 周帆¹, 王洋¹, 刘尚博², 马真¹

(1. 平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000; 2. 泾川县气象局, 甘肃 泾川 744300)

摘要:通过对平凉市气象局园区网络现状的分析,指出现有网络的设计缺陷,利用 MSTP、VRRP、OSPF 等技术对园区网架构进行重新设计,将园区网分为核心层与接入层,核心层使用两台三层交换机实现双核心架构。核心层交换机与接入层交换机之间使用 MSTP 技术消除链路环路并且实现链路的自动切换以及多 VLAN 数据的负载均衡;核心交换机之间利用 VRRP 与 Track 技术配合实现路由器冗余,同时利用 OSPF 技术实现与上连路由器之间的路由选路与冗余备份。最后,通过系统测试验证了设计的可行性与有效性。为其他市级气象部门园区网设计提供借鉴。

关键词:气象园区网;高可靠性;冗余;负载均衡;MSTP;VRRP

中图分类号:TP393

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2017.06.012

随着现代气象业务的发展需求,资料传输的时效性越来越高,其中新型自动站数据为每10 min向省局传输一次资料,汛期加密每5 min一次,区域站加密资料也是10 min一次,在增加数据传输时效性的同时,观测业务调整也趋于自动化,取消人工值夜班,人为干预越来越少,ASOM、MDOS、MOPS、CIMISS等气象业务平台的业务化,视频会商、远程培训、突发预警平台等业务的不加强,市级园区网数据流量激增,这对平凉市气象局园区网络的可靠性与稳定性提出了更高的要求。因此如何提升市级气象园区网络的可靠性与稳定性,已经成为网络保障人员研究的重要课题^[1-2]。

1 网络现状

目前平凉市气象局园区网的核心网络使用一台华三 S7506 三层交换机作为核心交换机,另有一台华三 S5800 三层交换机作为核心交换机的备份,核心交换机向下直接连接业务计算机或普通二层交换机,如图1所示。这种网络架构虽然能够实现业务数据的正常传输,但其缺点也非常明显:园区网没有进行分层设计,结构单一,不易扩展;单设备运行,一旦核心交换机宕机,需要在路由器上修改大量的配置,耗费时间,严重影响业务使用;因华三 S5800 与 S7506 型号不同,无法实现网络设备的虚拟化,只能作为核心交换机的冷备份设备,这样长时间闲置既浪费设备资源,又影响设备的稳定性,当网络配置有变化就需要实时更新,增加

维护难度,核心交换机故障时需架设新设备,插拔线缆,耗时耗力,影响业务。基于以上问题,需要对市局园区网络架构进行改进升级。

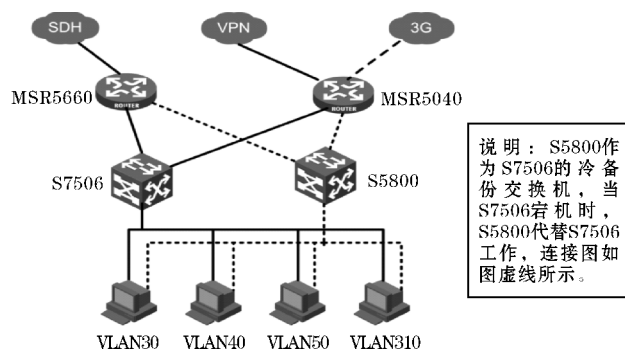


图1 市局园区网原网络结构图

2 设计实现

2.1 技术分析

目前在网络可靠性方面的主流技术为网络虚拟化技术,如思科的 VSS (visual switch system, 虚拟交换系统)、华三的 IRF2 (intelligent resilient framework, 智能弹性架构) 和华为的 CSS (cluster switch system, 集群交换机系统) 等,其技术的核心思想将多台物理设备虚拟化为一台设备,从而实现统一管理、统一配置、高可靠性、负载均衡等功能。但是 VSS、IRF2 和 CSS 等技术对于设备的限制比较大,必须为同厂家、同型号的设备,不适用于本文中的网络环境。鉴于以上原因,本设计采用通用性、推广性更好的 MSTP、VRRP、OSPF 等

收稿日期:2017-05-25

基金项目:甘肃省气象局气象科研(人才专项)资助项目(2016 验字 45 号)

技术实现网络的高可靠性与负载均衡^[3-5]。

2.1.1 MSTP 技术

生成树协议工作在 OSI 参考模型的数据链路层,其设计之初的目的是在增加链路冗余的基础上消除链路环路,并且在主链路中断的情况下自动将冗余线路设置为转发状态,恢复网络的连通性。目前有 3 个版本:STP、RSTP 与 MSTP^[6-8]。

MSTP(多生成树协议)是在 IEEE 的 802.1s 标准中定义的一种新型生成树协议,与 STP、RSTP 相比,MSTP 有如下特点:

(1)STP/RSTP 是单生成树协议,MSTP 是多生成树协议。使用 STP/RSTP 时,交换机上所有的 VLAN 共享一颗生成树,无法实现不同 VLAN 在多条链路上的负载分担,而当某条链路被阻塞后将不会承担任何流量,造成带宽的极大浪费。MSTP 引入“实例(instance)”的概念,将不同 VLAN 映射到不同的实例中,每个实例只运行一个独立的快速生成树,从而利用冗余链路提供了更好的负载分担机制。

(2)引入“域”的概念,在一个大型的交换网络中,为了增加网络的可管理性和网络结构的灵活性,可以将整个交换网络划分成多个 MST 域,将拥有相同 VLAN 映射关系以及其他属性的交换机放在同一个域,域与域内部的映射关系彼此独立、互不干涉,域之间运行标准的 RSTP 协议保证整个网络的无环路。

(3)继承了 RSTP 的快速收敛机制。

(4)向下兼容 STP 与 RSTP。

2.1.2 VRRP 技术

虚拟路由协议 VRRP 由 IETF 指定,这是一种设备容错协议,工作在网络层,该协议应用于作为静态配置缺省网关上的路由器,随着交换机的第三层交换能力的不断提高,VRRP 技术逐步引入到大规模的交换网,以实现高可用性的第三层交换的冗余。

它将一组路由器组织成一个虚拟路由器,称为一个备份组。在这个备份组中,路由器身份有 master 主路由器和 backup 备份路由器之分,身份的获取由路由器按竞选的方法自动竞选获取,其中 master 路由器负责数据的转发,而 backup 路由器定时检测 master 路由器的工作状况,当检测到 master 出现故障时,会自动接替 master 路由器的工作转发数据。从终端用户的角度来说,使用的是同一个默认网关,不用手动进行网关的更改^[9-10]。

2.1.3 Track 技术

Track 技术的作用是实现联动功能,它由应用模块、Track 模块和监测模块 3 部分组成,如图 2 所示。Track 模块位于应用模块和监测模块之间,屏蔽不同监

测模块的差异,为应用模块提供统一的接口。联动功能的工作原理是:监测模块负责对接口状态、链路状态等进行监测,并将监测结果通知给 Track 模块。Track 模块根据监测结果改变 Track 项的状态,如果监测结果正常,则对应 Track 项的状态为 Positive,如果监测结果异常,则对应 Track 项的状态为 Negative。Track 项的状态改变后,通知应用模块。应用模块根据 Track 项的状态,及时进行相应的处理,从而避免通信的中断或服务质量的降低^[11-12]。

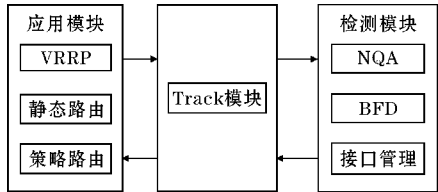


图 2 Track 联动机制

2.1.4 路由选择协议

目前主流的内部网关协议主要有基于距离矢量的路由选择协议 RIP(routing information protocol,路由信息协议)与基于链路状态的路由选择协议 OSPF(open shortest path First,开放最短路径优先)^[13],与 RIP 相比较,OSPF 具有如下特点:

(1)由于协议机制的不同,使用 RIP 协议的网络容易产生路由自环,而使用 OSPF 的网络不会产生路由自环。

(2)RIP 路由的最大跳数限制是 15,而 OSPF 没有跳数的限制,最大可支持几百台路由器。因此 RIP 只能适用于小型网络,扩展性差;OSPF 可以支持各种规模的网络,扩展性好。

(3)RIP 的度量值是以跳数为基准,因此管理员无法修改 RIP 的度量值来优化网络,OSPF 允许管理员手动配置每条路由的度量值(cost),路由选择更为灵活。

(4)RIP 收敛速度慢,OSPF 收敛速度快。

(5)OSPF 支持到同一目的地址的多条等价路由,RIP 不支持等价路由。

(6)OSPF 支持区域划分,允许自治系统的网络被划分成区域来管理,区域间传送的路由信息被进一步抽象,从而减少了占用的网络带宽与路由器 CPU 的负担,RIP 不支持。

另外,目前甘肃省的广域网路由选择协议普遍使用 OSPF 协议,基于以上考虑,本设计选择 OSPF 作为路由选择协议^[14]。

2.2 网络设计目标

此次园区网络的改进与设计,从先进性、实用性、

可靠性、扩展性、可推广性、低成本等方面着手,综合系统性能等多方面要求,旨在提高数据传输的可靠性和稳定性。在外界环境或内部条件发生突变时,怎样使系统保持正常工作,或者在尽量短的时间内恢复正常工作,是这次系统设计的重点。具体设计目标如下:

(1)核心层使用两台核心交换机实现双核心,接入层交换机同时连接两台核心交换机,实现链路的冗余备份。

(2)不同 VLAN 的数据走不同的核心交换机与省局进行通信,实现数据的负载分担。

(3)为确保在业务使用中网络架构设计的稳定性,数据来回转发路径需一致。

(4)当核心交换机有一台宕机,或核心交换机与主路由器、接入层交换机之间任意一条链路中断,网络自动切换到备份设备或链路。

(5)两台核心交换机实现 VLAN 间路由,当核心交换机链路切换时,客户端无须修改网络参数即可实现网络通信。

2.3 网络整体结构设计

将园区网络分为核心层与接入层,核心层采用现有的华三 S7506 与 S5800 三层交换机组成市局局域网双核心冗余架构,核心层 S7506 与 S5800 之间使用两条千兆链路进行链路层连接,并且使用链路聚合技术实现链路冗余备份。接入层使用华三 S5560 交换机作为业务计算机接入。核心层出口分别连接华三 MSR5660 与 MSR5040 两台路由器,MSR5660 路由器接入 SDH 专线作为到省局的主线路,MSR5040 路由器接入 GRE-VPN 与 3G 线路作为到省局的备份线路,如图 2 所示。

核心层与接入层之间使用多生成树协议 MSTP 实现二层数据链路的冗余备份与负载均衡;在网络层使用 VRRP 与 Track 实现网关的冗余备份;同时使用 OSPF 协议解决网络设备之间的路由选路问题。

通过配置 VRRP 优先级与 OSPF 的 cost 值实现数据来回转发路径的一致性。

气象台、观测站、办公区、视频会议分属不同的虚拟局域网(VLAN),其中气象台为 VLAN30,观测站为 VLAN40,办公区为 VLAN50,视频会议为 VLAN310,同时接入接入层交换机 S5560。正常情况下,VLAN30 与 VLAN40 的数据经过 S5560 ↔ S7506 ↔ MSR5660 与省局通信,VLAN50 与 VLAN310 的数据经过 S5560 ↔ S5800 ↔ MSR5660 与省局通信。

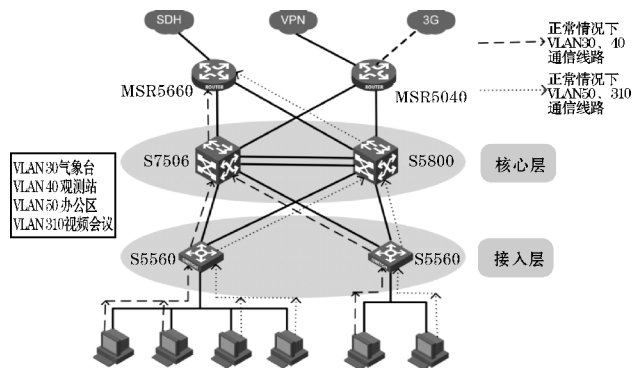


图3 市局园区网高可靠性与负载均衡设计图

2.4 网络配置方法

2.4.1 利用 MSTP 技术实现数据链路层冗余备份和负载均衡

接入层交换机 S5560 分别与核心交换机 S7506、S5800 连接在数据链路层形成环路,分别在 S5560、S7506 与 S5800 上启用 MSTP 协议消除环路,将三台交换机加入同一“域”中,VLAN30 与 VLAN40 放到同一实例中,设置 S7506 为根桥,S5800 为备份根桥;VLAN50 与 VLAN310 放到同一实例中,设置 S5800 为根桥,S7506 为备份根桥。配置如下:

[S7506]

```
stp region-configuration
region-name plqx1
instance 1 VLAN50 310
instance 2 VLAN30 40
active region-configuration
.....
```

```
stp instance1 root secondary
stp instance2 root primary
.....
```

[S5800]

```
stp region-configuration
region-name qx1
instance 1 VLAN50 310
instance 2 VLAN30 40
active region-configuration
.....
```

```
stp instance 1 root primary
stp instance 2 root secondary
.....
```

正常情况 VLAN30、VLAN40 走 S5560-S7506 线路,VLAN50、VLAN310 走 S5560-S5800 线路,实现 S7506 与 S5800 流量的负载均衡。

当 S5560 与 S7506 链路中断,VLAN30、VLAN40

走 S5560-S5800-S7506 到达 S7506, VLAN50、VLAN310 线路不变;当 S5560 与 S5800 链路中断, VLAN50、VLAN310 走 S5560-S7506-S5800 到达 S5800, VLAN30、VLAN40 线路不变。实现了链路的冗余备份。

当根桥宕机时,备份桥将负责转发数据,实现核心交换机的冗余备份。

2.4.2 利用 VRRP 实现虚拟网关冗余

VRRP 的组网方式有,主备方式与负载分担方式。主备方式表示业务仅由 Master 路由器承担,当 Master 路由器出现故障时,才会由选举出来的 Backup 路由器接替它工作;负载分担方式是指多台路由器同时承担业务,因此负载分担方式需要两个或者两个以上的虚拟路由器,每个虚拟路由器都包括一个 Master 路由器和若干个 Backup 路由器,各虚拟路由器的 Master 路由器可以各不相同^[15]。显然,负载分担方式能够更好地利用设备资源,达到两台设备同时转发数据的目的。在 S7506 与 S5800 中分别在 VLAN30、VLAN40、VLAN50、VLAN310 的三层接口中启用 VRRP 协议,一个 VLAN 对应一个备份组,利用备份组中路由器的优先级来确定主路由器与备份路由器,设置 VLAN30 与 VLAN40 在 S7506 的优先级高于 S5800 的优先级,同样设置 VLAN50 与 VLAN310 在 S5800 的优先级高于 S7506 的优先级,这样正常情况下 VLAN30、VLAN40 选择 S7506 作为 Master 路由器, VLAN50、VLAN310 选择 S5800 作为 Master 路由器,当主路由器宕机时, VRRP 自动切换到备份路由器负责数据转发,配置如下:

[S7506]

```
interface VLAN-interface30
vrrp vrid 13 priority 120
.....
```

```
interface VLAN-interface40
vrrp vrid 14 priority 120
.....
```

```
interface VLAN-interface50
vrrp vrid 15 priority 100
.....
```

```
interface VLAN-interface310
vrrp vrid 16 priority 100
.....
```

[S5800]

```
interface VLAN-interface30
vrrp vrid 13 priority 100
.....
```

```
interface VLAN-interface40
vrrp vrid 14 priority 100
.....
```

```
interface VLAN-interface50
```

```
vrrp vrid 15 priority 120
```

```
.....
```

```
interface VLAN-interface310
```

```
vrrp vrid 16 priority 120
```

```
.....
```

2.4.3 利用 Track 技术实现 VRRP 与 WAN 接口联动

在图 3 中,假设 S7506 与 MSR5660 的链路中断,对于 VLAN30、VLAN40 来说 VRRP 将无法感知这种变化,这样虽然网络仍然可以连通,但是数据转发来回路径不一致,将会影响网络架构的稳定性,为解决此问题,使用 track 技术检测 WAN 接口状态,如果 WAN 链路接口中断,track 项将自己的状态置为 Negative,并告知应用模块 VRRP, VRRP 降低优先级,使得 S5800 抢占为主路由器负责数据的转发。同样,对 VLAN50 与 VLAN310 来说方式是一样的,具体配置如下:

[S7506]

```
.....
```

```
track 11 interface GigabitEthernet2/0/1 delay negative 3
```

```
track 12 interface GigabitEthernet2/0/2 delay negative 3
```

```
track 21 interface VLAN-interface2 delay negative 3
```

```
track 22 interface VLAN-interface3 delay negative 3
```

```
.....
```

```
interface VLAN-interface30
```

```
vrrp vrid 13 track 11 reduced 30
```

```
vrrp vrid 13 track 21 reduced 30
```

```
.....
```

```
interface VLAN-interface40
```

```
vrrp vrid 14 track 11 reduced 30
```

```
vrrp vrid 14 track 21 reduced 30
```

```
.....
```

[S5800]

```
.....
```

```
track 11 interface GigabitEthernet1/0/1 delay negative 3
```

```
track 12 interface GigabitEthernet1/0/2 delay negative 3
```

```
track 21 interface VLAN-interface6 delay negative 3
```

```
track 22 interface VLAN-interface7 delay negative 3
```

```
.....
```

```
interface VLAN-interface50
```

```
vrrp vrid 15 track 11 reduced 30
```

```
vrrp vrid 15 track 21 reduced 30
```

```
.....
```

```
interface VLAN-interface310
vrrip vrid16 track 11 reduced 30
vrrip vrid 16 track 21 reduced 30
.....
```

2.4.4 使用 OSPF 路由协议实现路由冗余备份

OSPF 路由协议的一个显著特点是通过修改 cost 值来控制路由的转发路径,如果到同一网络的两条路由具有相同的管理距离时,路由代价(cost)将被作为选择最佳路径的依据,带有较小代价的路由将被放置到路由表中^[16]。在 MSR5660、MSR5040、S7506、S5800 相应接口上运行 OSPF 协议,S7506 上配置 VLAN30、VLAN40 的接口 cost 值小于 VLAN50、VLAN310 接口的 cost 值,相应地在 S5800 上配置 VLAN30、VLAN40 的接口 cost 值大于 VLAN50、VLAN310 的接口 cost 值,实现 VLAN30、VLAN40 走 S7506 到达 MSR5660,VLAN50、VLAN310 走 S5800 到达 MSR5040,实现在三层路由选择的负载均衡。具体配置如下:

```
[S7506]
interface VLAN-interface30
OSPF cost 5
interface VLAN-interface40
OSPF cost 5
interface VLAN-interface50
OSPF cost10
interface VLAN-interface310
OSPF cost 10
```

```
.....
[S5800]
interface VLAN-interface30
OSPF cost10
interface VLAN-interface40
OSPF cost10
interface VLAN-interface50
OSPF cost5
interface VLAN-interface310
OSPF cost5
.....
```

3 功能验证及测试

3.1 测试环境说明

S7506 上 VLAN2 与 VLAN3 连接上行的 MSR5660 与 MSR5040 路由器,VLAN2 与 VLAN3 对应的物理接口分别是 GigabitEthernet2/0/1 与 GigabitEthernet2/0/2;同样在 S5800 上 VLAN6 与 VLAN7 连接上行的 MSR5660 与 MSR5040 路由器,VLAN6 与 VLAN7 对应的物理接口分别是 GigabitEthernet1/0/1 与 GigabitEthernet1/0/2;IP 地址规划见表 1,因 VLAN30 与 VLAN40 流向相同,VLAN50 与 VLAN310 的流向相同,故在测试环境中只选择 VLAN30 与 VLAN50 进行测试。

表 1 网络设备各 VLAN 接口 IP 地址规划表

VLAN	默认网关	S7506E	S5800	MSR5660	MSR5040
2	/	10.169.176.254	/	10.169.176.253	/
3	/	10.169.176.250	/	/	10.169.176.249
6	/	/	10.169.176.246	10.169.176.245	/
7	/	/	10.169.176.242		10.169.176.241
30	10.169.178.1	10.169.178.2	10.169.178.3	/	/
50	10.169.180.1	10.169.180.2	10.169.180.3	/	/

接入层交换机 S5560 的 GigabitEthernet1/0/23 接口连接 S7506,GigabitEthernet1/0/24 连接 S5800。

所测试的目标 IP 地址为 MSR5660 的 loopback0 接口 IP 地址:10.169.176.2(以下简称 S1)。

Vlan30 的测试计算机 IP 地址为:10.169.178.30(以下简称 PC30);Vlan50 的测试计算机 IP 地址为:10.169.180.182(以下简称 PC50)。

3.2 数据正常转发路径测试

从图 4(a)可以看到,VLAN30、40 包含在 Instance 2 中,VLAN50、310 包含在 Instance 1 中,这与配置要求相符。查看 S5560 上 MSTP 的端口角色(图 4b),Giga-

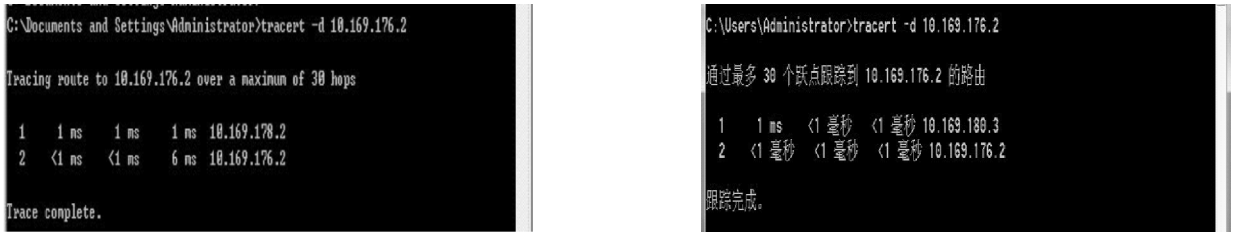
bitEthernet1/0/23 端口上行连接到 S7506,GigabitEthernet1/0/24 端口上行连接到 S5800。在 instance 1 中 GigabitEthernet1/0/23 端口处于阻塞状态,不转发数据;在 instance 2 中 GigabitEthernet1/0/24 端口处于阻塞状态,这就说明,在正常情况下,VLAN30、40 通过 S7506 转发数据,VLAN50、310 通过 S5800 转发数据。

在网络层使用 tracert 技术跟踪数据转发路径,图 4(c)、图 4(d)显示 VLAN30 数据转发路径是 S7506-SMSR5660,VLAN50 数据转发路径是 S5800-SMSR5660,并且数据的返回路径与发送路径一致(图 4e),实现了数据流量的负载均衡。



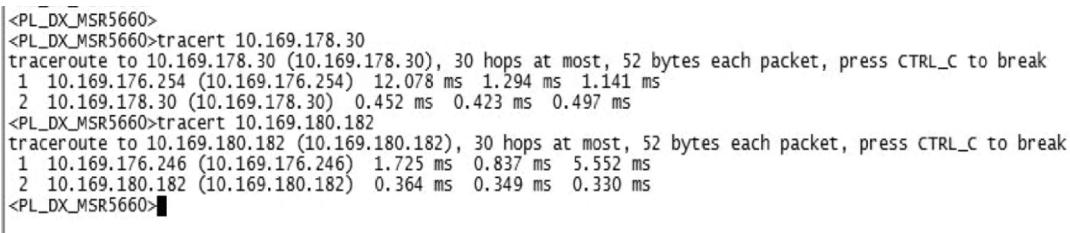
(a) MSTP 域配置中 VLAN 映射表

(b) S5560 交换机 MSTP 端口角色



(c) PC30 到 S1 的路由跟踪

(d) PC50 到 S1 的路由跟踪



(e) S1 到 PC30、PC50 的路由跟踪

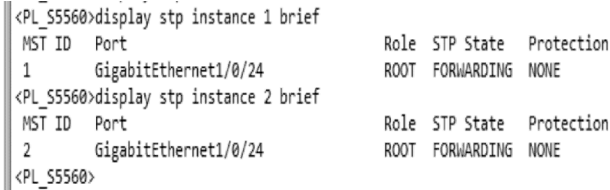
图 4 正常情况下数据转发路径测试

3.3 模拟接入层交换机与核心交换机链路中断测试

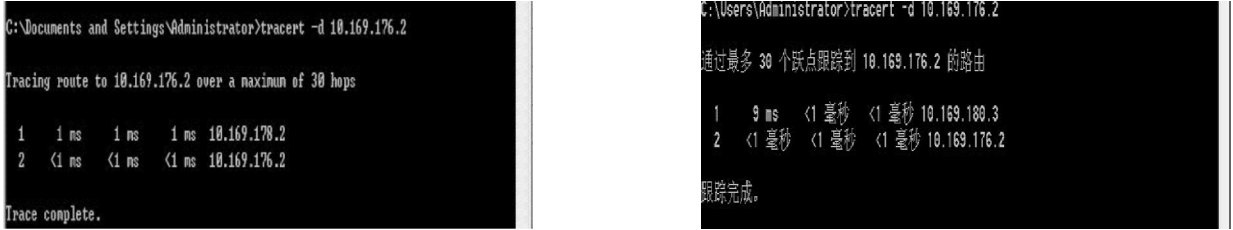
在 S5560 上关闭与 S7506 连接的端口 GigabitEthernet1/0/23,模拟线路中断,MSTP 检测到链路中断,立刻将备份端口状态设置为转发状态(图 5a),使用

ping 命令连续 ping S1,发现链路切换时网络延迟会略偏高,但没有丢包现象。

因为接入层交换机与核心交换机的连接是数据链路层连接,对网络层数据转发不会产生影响,故网络层数据按原路径转发(图 5b、c)。



(a) S5560 交换机 MSTP 端口角色



(b) PC30 到 S1 的路由跟踪

(c) PC50 到 S1 的路由跟踪

图 5 模拟 S5560 与 S7506 链路中断时数据转发路径测试

3.4 模拟核心交换机与上行路由器链路中断测试

在 S7506 上关闭与 MSR5660 连接的端口 Giga-

bitEthernet2/0/1,模拟线路中断,图 6(a)显示网络迅速收敛,只有 1 个丢包;图 6(b)显示 VLAN30 的 VRRP 主路由器已迁移至 S5800,但是对于 VLAN50 没有影

响(图 6c),并且数据的返回路径与发送路径一致(图 6d),恢复 GigabitEthernet2/0/1 接口状态,网络迅速回切,没有丢包现象。

关于模拟 S5800 与 MSR5660 线路中断的测试这里不再赘述。

3.5 模拟其中一台核心交换机宕机测试

手动关闭 S5800 交换机电源,模拟 S5800 宕机, VLAN30 按原路径转发数据(图 7a、b), VLAN50 将从 S7506-MSR5660 备份路径转发数据(图 7c、d)。

```
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Request timed out.
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
```

(a) PC30 ping S1

```
C:\Documents and Settings\Administrator>tracert -d 10.169.176.2

Tracing route to 10.169.176.2 over a maximum of 30 hops

  1    1 ms    <1 ms    <1 ms  10.169.178.3
  2    <1 ms   <1 ms    <1 ms  10.169.176.2

Trace complete.
```

(b) PC30 到 S1 的路由跟踪

```
C:\Users\Administrator>tracert -d 10.169.176.2

通过最多 30 个跃点跟踪到 10.169.176.2 的路由

  1    1 ms    <1 毫秒    <1 毫秒  10.169.180.3
  2    <1 毫秒   <1 毫秒    <1 毫秒  10.169.176.2

跟踪完成。
```

(c) PC50 到 S1 的路由跟踪

```
<P_LINK_MSR5660>tracert 10.169.178.30
tracert to 10.169.178.30 (10.169.178.30), 30 hops at most, 52 bytes each packet, press CTRL_C to break
  1  10.169.176.246 (10.169.176.246)  1.205 ms  0.819 ms  0.871 ms
  2  10.169.178.30 (10.169.178.30)  0.463 ms  0.408 ms  0.414 ms
<P_LINK_MSR5660>tracert 10.169.180.182
tracert to 10.169.180.182 (10.169.180.182), 30 hops at most, 52 bytes each packet, press CTRL_C to break
  1  10.169.176.246 (10.169.176.246)  1.077 ms  1.691 ms  0.826 ms
  2  10.169.180.182 (10.169.180.182)  0.360 ms  0.318 ms  0.339 ms
<P_LINK_MSR5660>
```

(d) S1 到 PC30、PC50 的路由跟踪

图 6 模拟 S7506 与 MSR5660 链路中断时数据转发路径测试

```
C:\Documents and Settings\Administrator>tracert -d 10.169.176.2

Tracing route to 10.169.176.2 over a maximum of 30 hops

  1    1 ms    1 ms    <1 ms  10.169.178.2
  2    <1 ms   <1 ms    <1 ms  10.169.176.2

Trace complete.
```

(a) PC30 到 S1 的路由跟踪

```
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 10.169.176.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
```

(b) PC30 ping S1

```
C:\Users\Administrator>tracert -d 10.169.176.2

通过最多 30 个跃点跟踪到 10.169.176.2 的路由

  1    1 ms    1 ms    1 ms  10.169.180.2
  2    <1 毫秒   <1 毫秒    <1 毫秒  10.169.176.2

跟踪完成。
```

(c) PC50 到 S1 的路由跟踪

```
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 10.169.176.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
```

(d) PC50 ping S1

图 7 模拟 S5800 宕机时数据转发路径测试

4 结论

通过分析平凉市气象局园区网络现状,结合现代气象业务的调整和发展需求,提出一套能够有效提高市级气象园区网可靠性与性能的设计方案,阐述了实现思路及方法,验证了设计的可行性与有效性。结论如下:

(1)使用 MSTP、VRRP 来实现链路的冗余备份与

- 负载均衡,网络收敛速度快,能够满足业务需求。
- (2)使用 Track 技术与 OSPF 路由优化,使数据来回转发路径一致,提高了网络架构的稳定性,消除了潜在故障隐患。
- (3)方案易于扩展,业务变更只需简单配置网络设备即可,无须修改整个网络架构。
- (4)应用成熟、标准的网络技术,兼容性好,适用于不同厂商的设备,对市级气象部门园区网络的设计具有普遍的参考价值。

参考文献:

- [1] 赵勇,赵淑芳. 市级气象局通信网络高可靠性设计与构建[J]. 气象科技,2011,39(4):498-500.
- [2] 李军,李光,邱永强,等. 基于虚拟路由冗余协议和双向转发检测的基层气象通信网络设计和实现[J]. 气象科技,2017,45(2):281-284.
- [3] 陈妍. 基于 IRF2 技术的网络虚拟化弹性架构在电力企业的应用[D]. 北京:华北电力大学,2016:13-39.
- [4] 沈波,刘旭林,刘亚楠. 基于 VSS 技术的万兆以太网升级方案设计与实现[J]. 成都信息工程学院学报,2012,27(2):163-167.
- [5] 常俊,李瑞华. CSS 集群技术在地震核心网中的应用[J]. 震灾防御技术,2015,10(3):664.
- [6] 杭州华三通信技术有限公司. 路由交换技术(第2卷)[M]. 北京:清华大学出版社,2012:78-79,186-189.
- [7] 张文川. 使用 MSTP 提高生成树的弹性[J]. 电脑知识与技术,2016,12(15):68.
- [8] 刘浪,陈玉明,刘俊灼. 煤炭园区网综合性冗余和负载均衡技术研究与设计[J]. 煤炭技术,2011,30(12):233-234.
- [9] 陈增吉. 基于 VRRP+MSTP 协议的可靠性网络设计[J]. 计算机应用与软件,2009,26(4):208-211.
- [10] 夏栋梁,朱培焱. 基于 VRRP 技术的校园网冗余设计与实现[J]. 网络安全技术与应用,2011(8):60-61.
- [11] 梁心雄,吴兆雄,罗胜平. 基于 Track 技术实现气象数据业务分流传输研究[J]. 计算机技术与发展,2015,25(10):201.
- [12] 陈晓宇,张永华,吴兆雄,等. 省级气象宽带网可靠性设计[J]. 应用气象学报,2013,24(6):764.
- [13] Jeff Doyle. JenniferCarroll. TCP/IP 路由技术(第一卷)(第二版)[M]. 葛建立,吴建章译. 北京:人民邮电出版社,2007:281-332.
- [14] 谢希仁. 计算机网络(第6版)[M]. 北京:电子工业出版社,2013:157-163.
- [15] 燕东渭,杨艳,王垒,等. 面向业务保障的省级气象广域网络优化升级[J]. 气象科技,2015,43(2):212.
- [16] 许玮,王迎迎,秦运龙,等. 省级气象广域网络优化的设计与应用[J]. 气象科技,2016,44(3):359.

High Reliability and Load Balancing Design of Municipal Meteorological Campus Networks

ZENG Ji-rong¹, ZHOU Fan¹, WANG Yang¹, LIU Shang-bo², MA Zhen¹

(1. Pingliang Municipal Meteorological Bureau, Pingliang 744000, China; 2. Jingchuan County Meteorological Bureau, Jingchuan 744300, China)

Abstract: The Campus Networks' design of PingLiang Meteorological Bureau was analyzed, and this paper pointed out its limitation and redesigned it by using MSTP, VRRP and OSPF technologies. The Campus Network was separated into two layers, i. e., core layer and access layer. Two Layer-3 Switches in Core layer made it a dual core architecture, and MSTP technology solved link loop problem between Core layer and Access layer, it also realized automatic link switch control and multiple VLAN load balancing; Core switches formed router redundancy by using VRRP and Track technology. At the same time, routing and redundant backup between routers was actualized using OSPF technology. This redesign was confirmed to be completely reliable and practical after a series of system test procedures, and it will be a good example for others.

Keywords: meteorological campus networks; high reliable; redundancy; load balancing; MSTP; VRRP