





RCNP 认证培训课程

园区网交换v3.0

Ruijie University





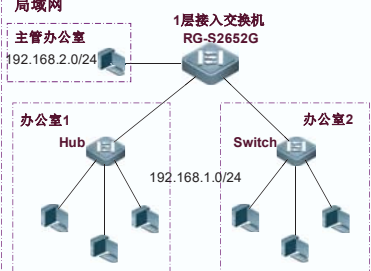
1、VLAN



场景描述

- 员工办公室所在的网段为192.168.1.0/24，主管办公室的网段为192.168.2.0/24

局域网



主管PC是否会经常收到来自员工网段的广播信息，如ARP查询、Windows操作系统发出的诸如Netbios广播报文等？

如何解决这个问题？





内容 Contents

- 1 • VLAN
- 2 • 生成树与VRRP
- 3 • 端口聚合
- 4 • RLDLP
- 5 • SPAN





课程内容

- VLAN**
- 802.1Q Trunk

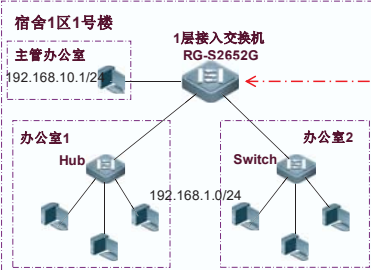




VLAN原理及基本配置

- VLAN : Virtual Local Area Network**
 - VLAN是在一个物理网络上划分出来的逻辑网络。这个网络对应于ISO 模型的第二层网络。VLAN的划分不受网络端口的实际物理位置的限制。VLAN 有着和普通物理网络同样的属性。第二层的单播、广播和多播帧在一个VLAN内转发、扩散，而不会直接进入其他的VLAN之中。

宿舍1区1号楼

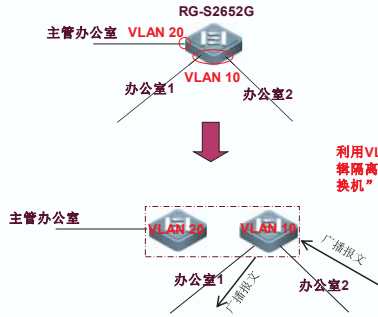


利用VLAN技术将这台接入交换机划分为两台隔离的“交换机”



VLAN原理及基本配置

● VLAN : Virtual Local Area Network



利用VLAN技术将一台交换机划分为两台逻辑隔离的“虚拟交换机”，两台“虚拟交换机”之间类似于物理隔离的两台交换机

VLAN原理及基本配置

● VLAN的配置结果查看

- 使用show vlan命令来查看VLAN信息及各VLAN中包含的端口信息



```
Ruijie#sh vlan
```

VLAN Name	Status	Ports
1 VLAN0001	STATIC	Fa0/3 Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7 Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11 Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15 Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19 Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23 Fa0/24, Gi0/25, Gi0/26
10 VLAN0010	STATIC	Fa0/1, Fa0/2
20 VLAN0020	STATIC	Fa0/10

课程内容

- VLAN
- 802.1Q Trunk

VLAN原理及基本配置

● VLAN的基本配置

- 1.根据需求在交换机上创建不同的VLAN
- 2.将相应的端口放置在不同的VLAN中



默认情况下，不进行任何配置的时候，所有接口都属于默认存在的VLAN 1。注，VLAN1 无法删除

```
RG-S2652G(config)#vlan 10 // 创建VLAN
RG-S2652G(config)#vlan 20
RG-S2652G(config)#interface f0/10
RG-S2652G(config-if)#switchport access vlan 20 //将该接口分配进VLAN 20
RG-S2652G(config)#interface f0/1
RG-S2652G(config-if)#switchport access vlan 10 //将该接口分配进VLAN 10
RG-S2652G(config)#interface f0/2
RG-S2652G(config-if)#switchport access vlan 10
```

VLAN原理及基本配置

● VLAN的配置结果查看

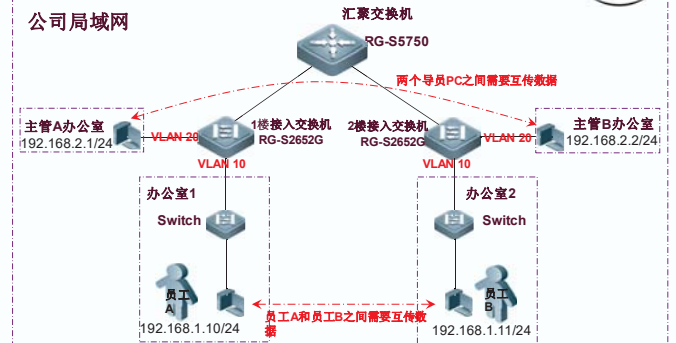
- 使用show mac-address-table命令来查看各VLAN的MAC地址表



```
Ruijie#sh mac-address-table
```

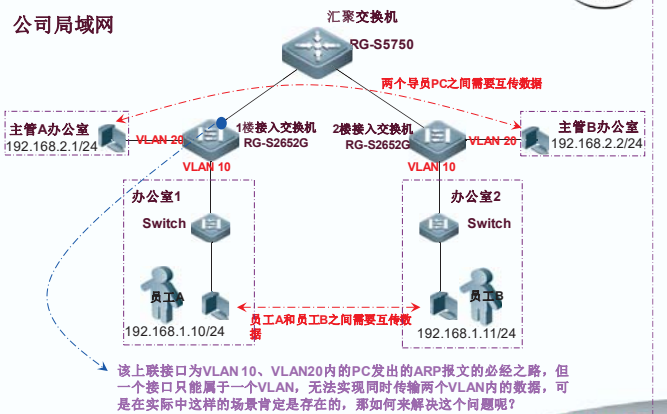
Vlan	MAC Address	Type	Interface
10	001a.a919.414d	DYNAMIC	FastEthernet 0/1
10	000d.9dd2.6587	DYNAMIC	FastEthernet 0/2
20	0016.d32c.2070	DYNAMIC	FastEthernet 0/10
...			

场景描述



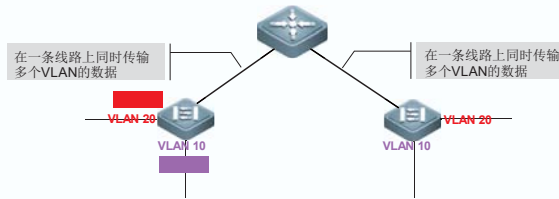
在本场景下结合基础篇中介绍的ARP协议工作原理以及交换机的VLAN工作原理，能否实现两组PC之间的通信？

场景描述



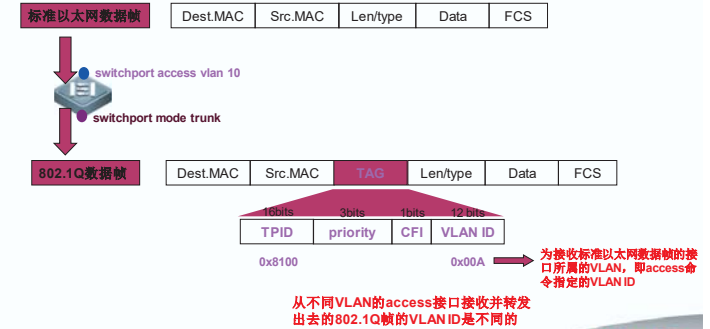
802.1Q Trunk相关概念及配置

- 在一条线路上可以同时传输多个VLAN数据
 - 这是最佳的解决办法，因为实际项目中接入交换机上可能会存在很多VLAN，不可能在接入交换机和汇聚交换机之间为每一个VLAN增加一条互联链路，这样做的成本较高而且扩展性较差



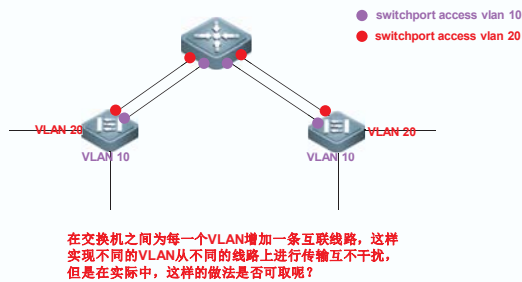
802.1Q Trunk相关概念及配置

- 如何在一条线路上可以同时传输多个VLAN数据
 - 将交换机互联的端口配置为Trunk接口
 - 标准的以太网数据包经过Trunk接口传输出去后会变成802.1Q数据帧



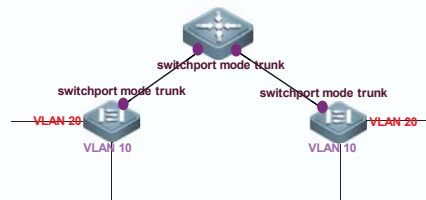
场景描述

可能存在的解决方法



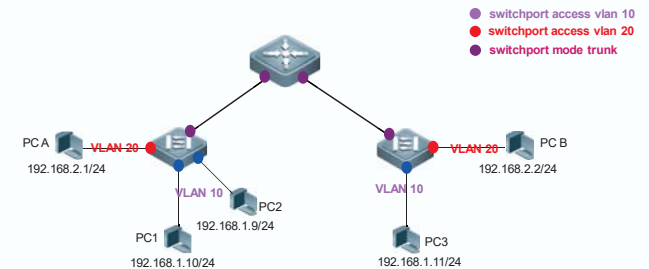
802.1Q Trunk相关概念及配置

- 如何在一条线路上可以同时传输多个VLAN数据
 - 将交换机互联的端口配置为Trunk接口



802.1Q Trunk相关概念及配置

- Trunk接口的工作过程
 - VLAN 20内的PC A和PC B需要交互数据
 - VLAN 10内的PC 1和PC 3需要交互数据

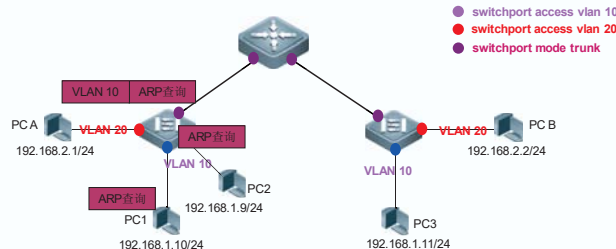


802.1Q Trunk相关概念及配置



Trunk接口的工作过程

- VLAN 10内的PC 1发出ARP查询报文以查询PC 3的MAC地址
 - 广播报文除了向本VLAN内的其他端口转发，也会从Trunk接口转发出去，在这个过程中会变成802.1Q数据帧（从不同VLAN的access接口接收到的标准数据帧会变成不同的802.1Q数据帧（Tag字段的VLAN ID部分不同））

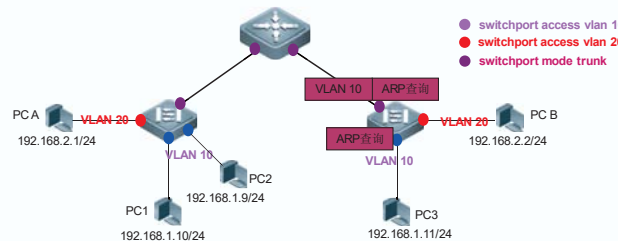


802.1Q Trunk相关概念及配置



Trunk接口的工作过程

- 当接入交换机上联Trunk接口接收到一个802.1Q帧时，查看该帧的TAG字段中VLAN ID是多少，并将其转发到相应的Access接口，在从Access接口转发出去的时候，会剥离TAG字段



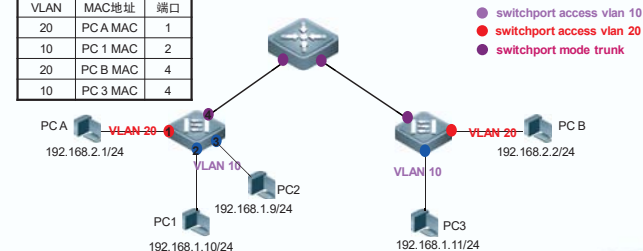
802.1Q Trunk相关概念及配置



交换机的源MAC地址学习

- 在ARP的交互过程中，所有交换机都会进行源MAC地址学习以生成MAC地址表项，来指导后续的报文转发。
- 在本章所描述的场景中，交换机的MAC地址表项除了包含源MAC和接口信息外，还将包含VLAN信息。

MAC地址表		
VLAN	MAC地址	端口
20	PC A MAC	1
10	PC 1 MAC	2
20	PC B MAC	4
10	PC 3 MAC	4

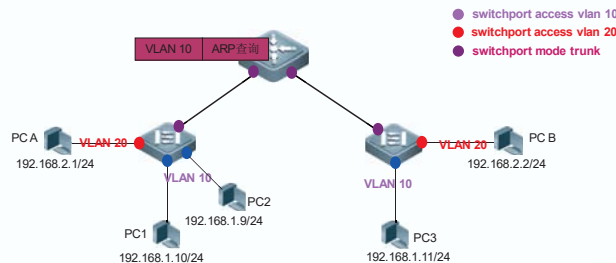


802.1Q Trunk相关概念及配置



Trunk接口的工作过程

- 当汇聚交换机从一个Trunk接口接收到一个802.1Q报文时，会从其他Trunk接口转发出去的条件如下：
 - 1. 交换机本地创建了所接收到的802.1Q帧中的VLAN ID
 - 2. 在出接口上没有将接收到的802.1Q帧中的VLAN ID修剪掉

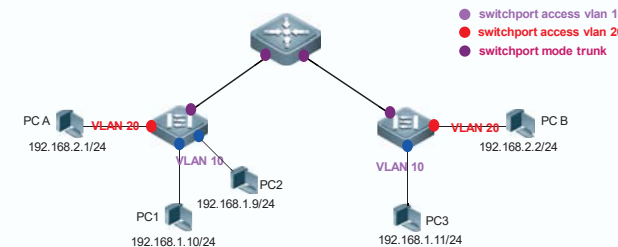


802.1Q Trunk相关概念及配置



Trunk接口的工作过程

- PC3收到PC1发出的ARP查询报文，并进行响应。返回的ARP响应报文经过Trunk接口的处理过程与前面描述的过程一致
- 同理，VLAN 20内的PC A和PC B在通信之前的ARP交互过程也是一样的。
- 需要相互通信的PC都已经产生了相应的ARP缓存，可以完成二层数据封装

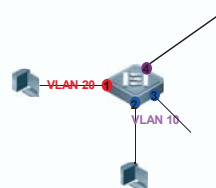


802.1Q Trunk相关概念及配置



802.1Q Trunk功能原理及配置总结

- 交换机上连接主机的接口配置为Access接口
 - access接口收发的数据帧都为标准以太网帧，即非802.1Q帧
 - 从access接口接收的标准以太网帧，会从同一VLAN的其他access接口转发出去，同时也会从Trunk接口转换为802.1Q帧转发出去



```
Switch(config)# vlan 10
Switch(config-vlan)# name student-vlan

Switch(config)# vlan 20
Switch(config-vlan)# name teacher-vlan

Switch(config)# interface fastethernet 0/1
Switch(config-if)# switchport access vlan 20

Switch(config)# interface range fastethernet 0/2-3
Switch(config-if)# switchport access vlan 10

Switch(config)# interface fastethernet 0/4
Switch(config-if)# switchport mode trunk
```



802.1Q Trunk相关概念及配置



- 802.1Q Trunk功能原理及配置总结
 - 接入交换机上连接主机的接口配置为Access接口，上联汇聚交换的接口为Trunk接口
 - 配置结果查看
 - 1.VLAN 1是默认存在的，并且无法删除，所有接口缺省情况下都属于VLAN1
 - 2.Trunk接口包含在交换机上所创建的所有VLAN

```
Ruijie#sh vlan
```

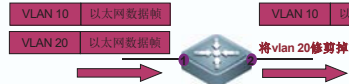
VLAN Name	Status	Ports
1 VLAN0001	STATIC	Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7 Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11 Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15 Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19 Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23 Fa0/24, Gi0/25, Gi0/26
10 VLAN0010	STATIC	Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
20 VLAN0020	STATIC	Fa0/1, Fa0/4



802.1Q Trunk相关概念及配置



- 802.1Q Trunk功能原理及配置总结
 - 交换机互联接口（接入交换机的上联端口以及汇聚交换机的下联接口）要配置成Trunk接口
 - 如果相应的输出Trunk接口上配置了VLAN修剪功能，将特定的VLAN ID在该接口上修剪掉，那么当接收到了包含相应VLAN ID的802.1Q数据帧的时候，将不会从该Trunk接口转发出去



```
Ruijie#sh vlan
```

VLAN Name	Status	Ports
1 VLAN0001	STATIC	Fa0/1,Fa0/2,F0/3...
10 VLAN0010	STATIC	Fa0/1,Fa0/2
20 VLAN0020	STATIC	Fa0/1

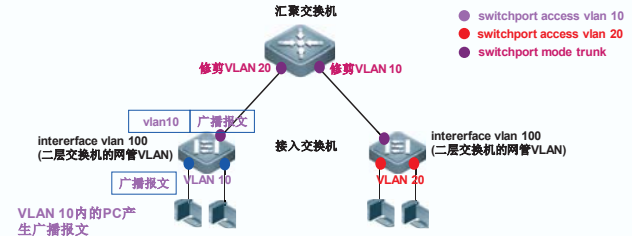
F0/2这个trunk接口不包含在VLAN20中



802.1Q Trunk相关概念及配置



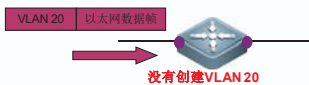
- 802.1Q Trunk功能原理及配置总结
 - Trunk修剪功能常见应用场景
 - trunk接口上传输用户VLAN和网管VLAN数据
 - 在汇聚交换机的不同下联口上修剪掉相应的VLAN



802.1Q Trunk相关概念及配置



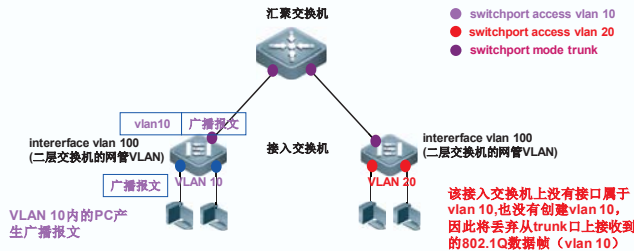
- 802.1Q Trunk功能原理及配置总结
 - 交换机互联接口（接入交换机的上联端口以及汇聚交换机的下联接口）要配置成Trunk接口
 - Trunk接口接收到802.1Q帧，会从相应的Access接口（802.1Q帧中TAG字段所对应的VLAN ID）转发出去，同时剥离TAG标记转变成标准以太网帧
 - 如果交换机上没有配置access接口，只配置了Trunk接口（即汇聚交换机），那么也会将接收到的802.1Q数据帧从其他的Trunk接口转发出去，但前提是该交换机已经创建了所接收的802.1Q数据帧中包含的VLAN ID对应的VLAN，否则将丢弃接收到的802.1Q帧



802.1Q Trunk相关概念及配置



- 802.1Q Trunk功能原理及配置总结
 - Trunk修剪功能常见应用场景
 - trunk接口上传输用户VLAN和网管VLAN数据



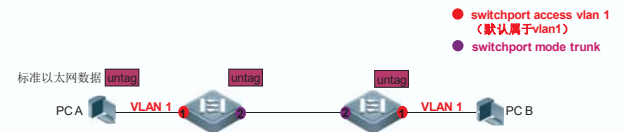
如果VLAN10内某台PC出现异常情况，持续发送大量广播报文，这会带来什么影响？



802.1Q Trunk相关概念及配置



- Native VLAN原理
 - Trunk接口上传输数据帧都为802.1Q数据帧，但有一种例外，就是native vlan。默认情况下，交换机的所有接口的native vlan为vlan 1。可以对trunk接口上的native vlan进行修改
 - 1.从native vlan中接收的数据在从trunk接口转发出去时不携带TAG字段
 - 2.当从trunk接口上接收到一不携带TAG的标准以太网帧（untagged）时，会从native vlan所包含的接口转发出去

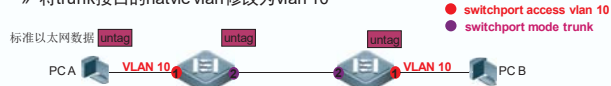


802.1Q Trunk相关概念及配置



Native VLAN原理

- Trunk接口上传输数据帧都为802.1Q数据帧，但有一种例外，就是native vlan。默认情况下，交换机的所有接口的native vlan为vlan 1。可以对trunk接口上的native vlan进行修改
- 将trunk接口的native vlan修改为vlan 10

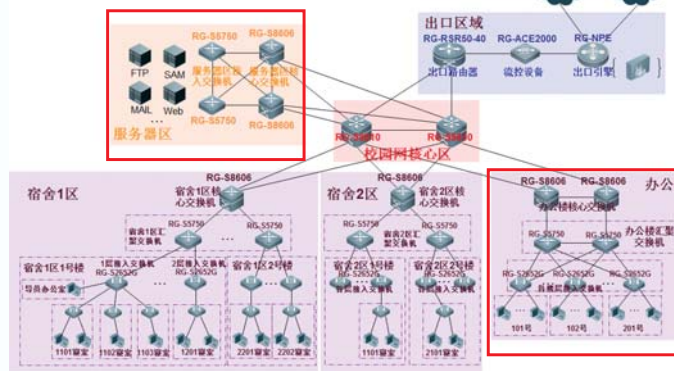


```
Switch(config)# interface fastEthernet 0/2
Switch(config-if)# switchport trunk native vlan 10
```

Ruijie#show interfaces trunk				
Interface	Mode	Native VLAN	VLAN lists	
FastEthernet 0/1	Off	1	ALL	
FastEthernet 0/2	On	10	ALL	
FastEthernet 0/3	Off	1	ALL	
FastEthernet 0/4	Off	1	ALL	
...				



场景描述



课程内容

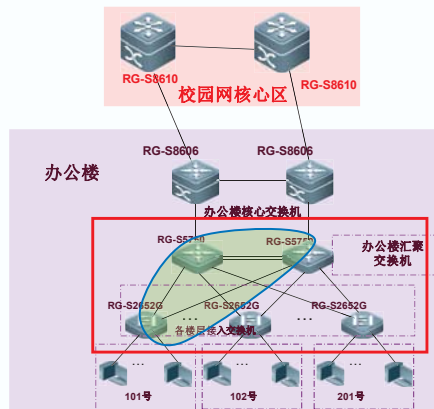


- 生成树原理
- RSTP原理及配置
- MSTP原理及配置
- VRRP原理及配置
- MSTP和VRRP组合应用



2、生成树与VRRP

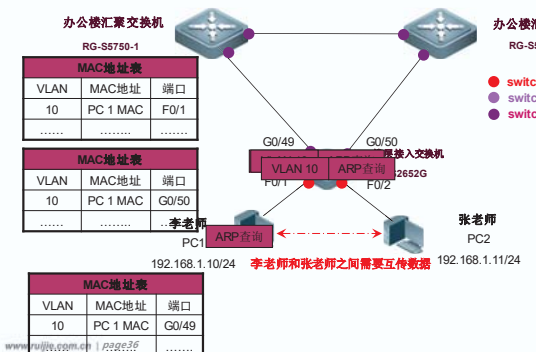
场景描述



场景描述



- 二层冗余网络面临的环路问题
- 广播包从同一VLAN接收端口之外的所有端口洪泛
- 交换机基于接收数据的源MAC建立并维护MAC地址表



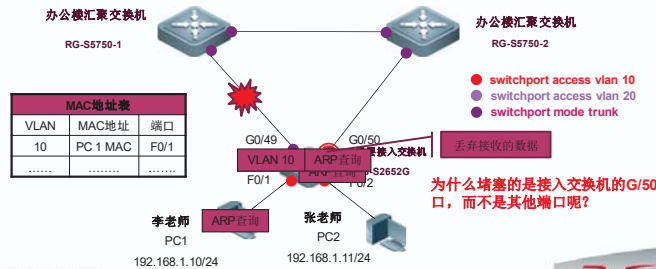
场景描述

- 环路的现象
 - › 交换机端口指示灯以相同频率快速闪烁
 - › 交换机MAC地址表震荡
- 环路的危害
 - › 链路堵塞
 - » 广播报文在二层网络中不断泛洪,所有链路都被大量的广播报文充斥
 - › 主机操作系统响应迟缓
 - » 主机网卡接收到大量的广播报文,操作系统调用大量的CPU进程资源来识别这些广播报文.
 - › 二层交换机管理缓慢
 - » 大量二层协议广播报文需要二层交换机CPU处理,浪费大量资源,对正常的请求无法响应
 - › 冲击网关设备的CPU
 - » 对网关IP地址的ARP请求报文,经过环路的复制转发,不断地发送到网关设备,网关设备的CPU压力不断增大,甚至崩溃



生成树协议原理及配置

- 生成树协议作用
 - › 部署生成树的交换机逻辑堵塞冗余端口,被堵塞的端口不转发数据,丢弃接收到的数据,消除二层交换网络中存在的环路。
 - › 当活动路径发生故障时,自动激活被堵塞的冗余端口,恢复数据转发和接收,保证网络连通性。



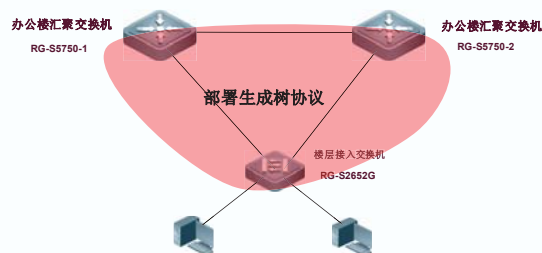
生成树原理及配置

- 生成树工作原理
 - 配置了生成树的交换机之间通过传递配置BPDU,比较报文中携带的参数,完成以下工作:
 - 选举一个网桥ID最小的交换机作为**根网桥**(Root Bridge)
 - 每个非根交换机选择一个**根端口**(Root Port RP)
 - 每个交换网段选择一个除根端口之外的转发端口—**指定端口**(Designated Port DP)
 - 堵塞其他(非根非指定端口)端口



生成树原理及配置

- 解决方案
 - › 在接入层和汇聚层交换机上部署生成树协议



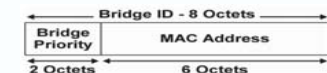
生成树协议原理及配置

- 生成树概述
 - 按照产生时间先后顺序分别是STP、RSTP、MSTP
 - 生成树所遵循的标准
 - STP (Spanning Tree Protocol) IEEE 802.1D
 - RSTP (Rapid STP) IEEE 802.1W
 - MSTP (Multi instance STP) IEEE 802.1S



生成树原理及配置

- 配置BPDU
 - 生成树协议包括配置BPDU (configuration) 和拓扑变更BPDU (topology change notification) 两种协议报文
 - 配置BPDU中主要携带(根网桥ID、根路径开销、发送网桥ID、发送端口ID)这四个参数和(Hello timer、Forwarding delay、MAXage)这三个计时器
 - 网桥ID是交换机在STP网络中的标识,由网桥优先级(2字节)和MAC地址(6字节)两部分组成
 - 根网桥ID是本交换机认可的根交换机的标识
 - 发送网桥ID是发送该报文的交换机的标识



网桥ID

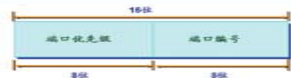
网桥优先级取值范围0-65535 (默认32768), 必须是4096的倍数



生成树原理及配置



- 配置BPDU
 - 端口ID (Port ID, PID) 是端口的标识, 由端口优先级 (1字节) 和端口编号 (1字节) 组成
 - 发送端口ID是发送该报文的交换机端口的标识



端口ID

端口优先级取值范围0-255 (默认128), 必须是16的倍数



生成树原理及配置



- 配置BPDU
 - STP有三个计时器影响端口状态和网络收敛
 - Hello timer
 - 根交换机发送配置BPDU的时间间隔, 缺省2s
 - 感知拓扑变化的交换机发送TCN的时间间隔
 - Forwarding delay
 - 端口在listening或learning状态停留的时间, 缺省15s
 - MAXage
 - 交换机缓存的配置BPDU的老化时间, 缺省20s



生成树原理及配置



- 配置BPDU的比较
 - 交换机遵从下面的比较原则, 比较各个端口接收或缓存的BPDU, 选择“最优”BPDU
 - 先比较根网桥ID, 越小越好
 - 如果根网桥ID相等, 根路径开销越小越好
 - 如果根网桥ID和根路径开销相等, 发送网桥ID越小越好
 - 如果根网桥ID、根路径开销和发送网桥ID相等, 发送端口ID越小越好



生成树原理及配置



- 配置BPDU
 - 路径开销 (Path Cost) 描述了连接网络的端口的“优劣”, 端口类型和带宽决定了该端口的路径开销。
 - 根交换机的根路径开销为零。其他交换机收到BPDU后, 把报文中的根路径开销加上接收端口路径开销, 得到该端口的“根路径开销” (Root Path Cost), 根路径开销反映了某端口到根交换机的“远近”。

端口速率	10M	10M AP	100M	100M AP	1000M	1000M AP	10G	10G AP
Cost	100	100	19	19	4	4	2	2

802.1D 端口路径开销

端口类型	10M	10M AP	100M	100M AP	1G	1G AP	10G	10G AP
cost	2000000	1900000	200000	190000	20000	19000	2000	1900

802.1T 端口路径开销



生成树原理及配置



- 配置BPDU

```
1 Frame 36, 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on 0
  Ethernet II, Src: FujianStar_00:01:1a:a9:7e:9d, Dst: 01:80:c2:00:00:00
    Internet Protocol Version 2, Src: 10.1.1.1, Dst: 224.0.0.252
      Transmission Control Protocol, Src Port: 16384, Dst Port: 34784
        Spanning Tree Protocol
          Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
          Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
          BPDU Type: Configuration (0x00)
          BPDU Flags: 0x00
            0... = Topology Change Acknowledgment: No
            ...0 = Topology Change: No
          Root Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:7e:9d:c7
            Root Bridge Priority: 32768
            Root Bridge System ID Extension: 0
            Root Bridge System ID: 00:1a:a9:7e:9d:c7
            Root Path Cost: 0
          Bridge Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:7e:9d:c7
            Bridge Priority: 32768
            Bridge System ID Extension: 0
            Bridge System ID: 00:1a:a9:7e:9d:c7
            Port Identifier: 0x8003
            Message Age: 0
            Max Age: 20
            Hello Time: 2
            Forward Delay: 15
```



生成树原理及配置



- 配置BPDU的处理
 - 如果发现比自己“更优”的BPDU, 就进行报文的更新; 如果发现对方传来的BPDU更差, 则丢弃报文
 - 根据选择的最优BPDU, 完成以下工作:
 - 计算到根桥的最短路径开销 (Root Path Cost)
 - 如果自己是根桥, 则最短路径开销为0, 否则为它所收到的最优配置消息的RootPathCost与收到该配置消息的端口开销之和。
 - 更新配置消息
 - 更新RootID、Root PathCost、发送网桥ID、发送端口ID等参数。
 - 从指定端口发送更新后的最佳BPDU



生成树原理及配置



● 生成树的选举

- 在选择最优BPDU的同时，选举根网桥、根端口、指定端口
 - 选择根网桥:最优BPDU的Root ID
 - 选择根端口:如果自己是根网桥,则根端口为0,否则根端口为收到最优BPDU的那个端口
 - 选择指定端口:该端口发送的BPDU优于接收的BPDU

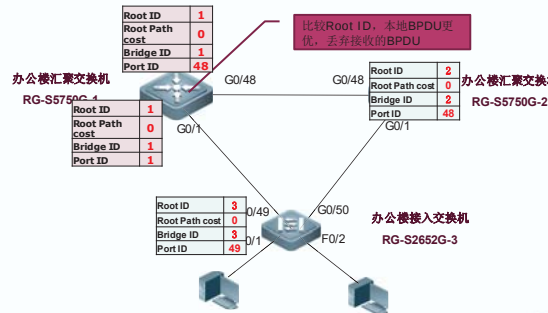


生成树原理及配置



● 生成树工作流程

- 收到BPDU后，按照比较原则逐一比较BPDU中的根网桥ID、根路径开销、发送网桥ID、发送端口ID，丢弃较差的BPDU,保留更优的BPDU,更新BPDU中的参数（根网桥ID、根路径开销、发送网桥ID）

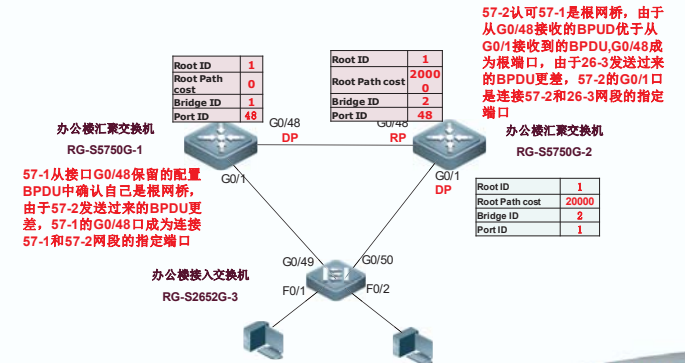


生成树原理及配置



● 生成树工作流程

- 在选择最佳BPDU的同时，选举根网桥、根端口、指定端口

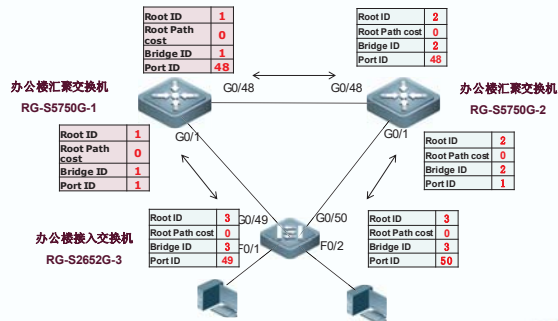


生成树原理及配置



● 生成树工作流程

- 初始时，所有交换机都认为自己是根网桥，都会发送配置BPDU，根网桥字段用各自的BID填充，根路径开销为零

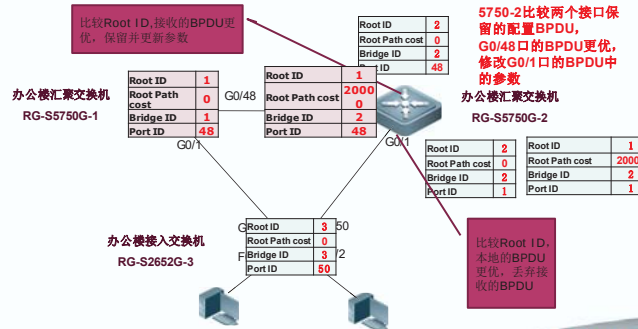


生成树原理及配置



● 生成树工作流程

- 收到BPDU后，按照比较原则逐一比较BPDU中的根网桥ID、根路径开销、发送网桥ID、发送端口ID，丢弃较差的BPDU,保留更优的BPDU,更新BPDU中的参数（根网桥ID、根路径开销、发送网桥ID）

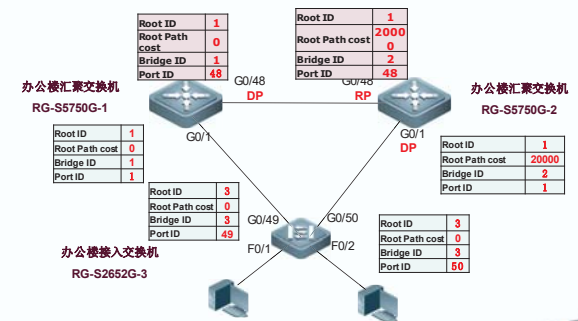


生成树原理及配置



● 课堂练习

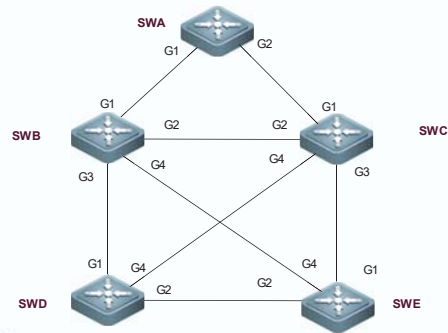
- 分析RG-S2628-3上最佳BPDU的选择、BPDU参数的更新
- 分析根网桥、根端口、指定端口的选举，标注三台交换机每个端口的角色



生成树原理及配置

课堂练习（可选）

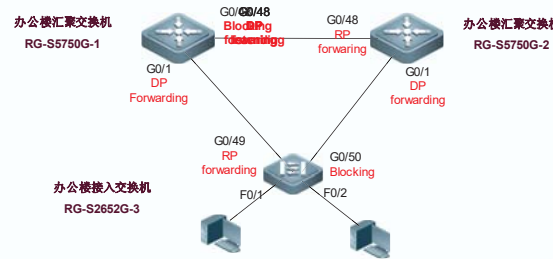
- 分析说明下图是哪台交换机是根交换机，并标注各个端口的角色及状态（各交换机的桥ID分别用A、B、C...表示，并且A<B<C...，端口ID分别用G1、G2...表示，并且G1<G2...，所有端口链路开销都是20000），并画出最终的生成树拓扑



生成树原理及配置

端口状态迁移

- STP端口使能后处于Blocking状态
- 如果该端口能成为根端口或者指定端口，则进入listening状态
- Forwarding delay时间内没有收到更优的BPDU，则进入learning状态；收到更优的BPDU，则进入Blocking状态
- Learning状态时交换机的行为和listening状态相同



生成树原理及配置

拓扑变化

- 端口开启或者失效（UP/Down）
- 端口状态变化(从Forwarding状态变为Blocking，或者从Blocking状态变为Forwarding)
 - 在MAXage时间内没有收到配置BPDU
 - 从其他接口收到更佳的配置BPDU
- 拓扑变化会导致网络重新收敛

生成树原理及配置

端口状态

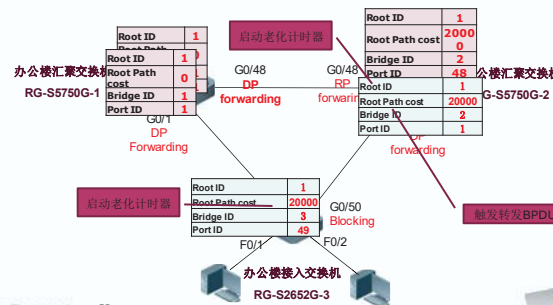
- STP端口依赖五种状态的迁移防止网络收敛过程中可能存在的临时环路
 - 只有根端口和指定端口才会处于forwarding状态，非根非指定端口最终处于Blocking状态
 - Listening和learning状态是中间状态，其中listening状态表明交换机正在选举根网桥、根端口、指定端口
- 交换机处于listening和learning状态的时间由forwarding delay 这个计时器控制

端口状态	地址学习	转发/接收报文	接收BPDU报文	发送BPDU报文
Disabled	NO	NO	NO	NO
Blocking	NO	NO	YES	NO
Listening	NO	NO	YES	YES
Learning	YES	NO	YES	YES
Forwarding	YES	YES	YES	YES

生成树原理及配置

拓扑维护

- 拓扑稳定后只有根网桥才会每隔Hello timer发送配置BPDU
- 其他交换机收到BPDU后，启动老化计时器，并从指定端口发送更新参数后的最佳BPDU
- 如果超过MAXage仍没有收到BPDU，则说明拓扑发生变化，重新收敛

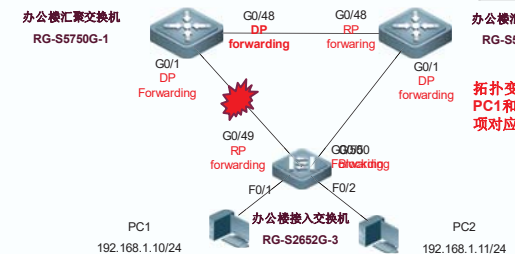


生成树原理及配置

拓扑变化存在的问题

- 拓扑变化可能会使站点在生成树中的相对位置发生改变，导致交换机原来学习到的MAC地址信息变得不正确
- MAC地址表的错误可能会导致最长300S（老化时间）无法通过新的路径正确转发数据

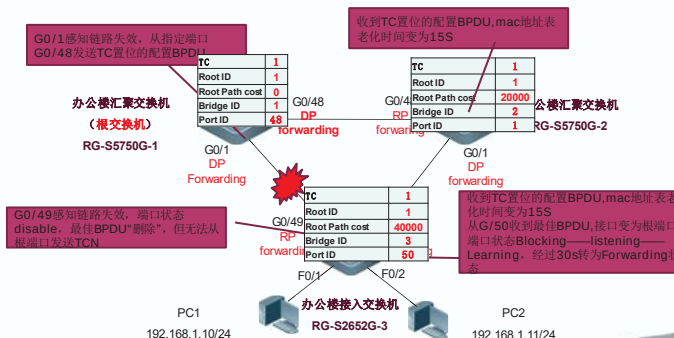
MAC地址表		
VLAN	MAC地址	端口
10	PC 2 MAC	48
10	PC 3 MAC	48



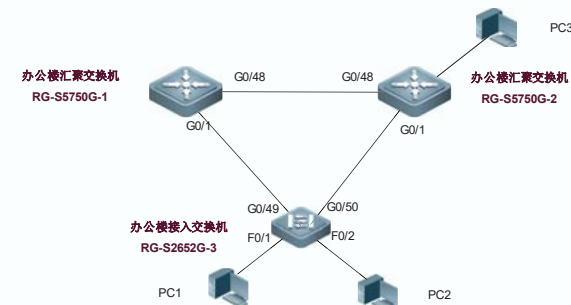
- 感知拓扑变化的交换机通过根端口向根交换机发送TCN BPDU，直到收到上游交换机TCA置位的配置BPDU
- 交换机收到TCN BPDU，回应TCA置位的配置BPDU，并从根端口继续发送TCN
- 根交换机收到TCN后把配置BPDU的TC位置位，通知其他交换机把MAC地址表老化时间由300S变为Forwarding delay
- 交换机收到TCN置位的配置BPDU 15S后把MAC地址表清空

RCNP
CAREER

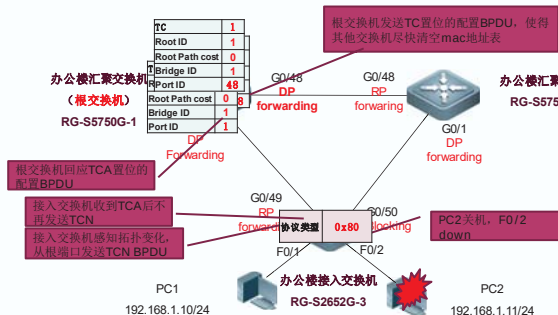
- 直接拓扑变化数据转发延迟2倍Forwarding delay (30S)



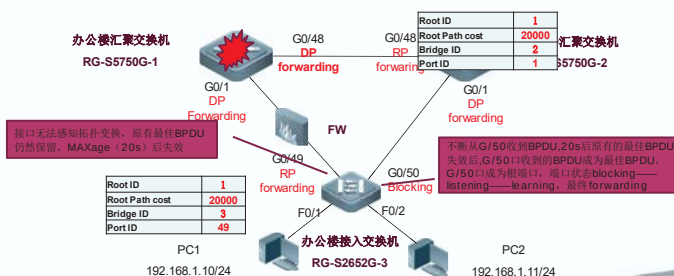
- 为保证用户数据二层路径最优，要求汇聚交换机成为根网桥，修改哪个参数能够保证57-1成为主根，57-2成为备份根，这时堵塞哪个端口？画出PC1访问PC3的路径
- 如果要使57-2为主根，57-1为备份根呢？这时堵塞哪个端口？画出PC1访问PC3的路径



- 感知拓扑变化的交换机从根端口发送TCN
- 上游交换机回应TCA置位的配置BPDU, 通知下游交换机不用再发TCN
- 根交换机发TC置位的配置BPDU, 提前清空全网所有交换机的mac地址表



- 间接拓扑变化数据转发延迟为 $50s$ (MAXage (20s) + 2倍forwarding delay (30s)) —— $52s$ (MAXage (20s) + 2倍forwarding delay (30s) + hello timer (2s))



- › 1.产生环路后的交换机能看到哪些现象？
- › 2.生成树协议的作用是什么？
- › 3.生成树的协议报文有哪两种？各自的作用是什么？
- › 4.生成树协议的比较原则是什么？如何根据这个比较原则控制选举，最终控制堵塞的端口？控制堵塞某个端口的目的是什么？
- › 5.和网络收敛相关的三个计时器分别是多少？
- › 6.拓扑变化时为什么要减少MAC地址表的老化时间？

课程内容

- 生成树原理
- **RSTP原理及配置**
- **MSTP原理及配置**
- **VRRP原理及配置**
- 端口聚合原理及配置
- **MSTP和VRRP组合应用**



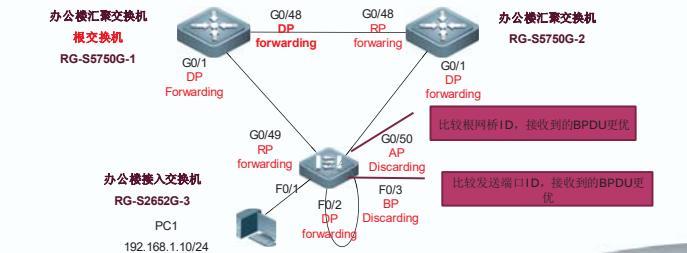
RSTP原理与配置

- RSTP Rapid Spanning-Tree Protocol，快速生成树协议
 - 从传统生成树协议（802.1D）发展而来，具备它的所有功能，实现的基本思想、选举结果一致。
 - 相对于传统生成树协议，引入**新的机制**，加快网络收敛速度，尽可能快的恢复网络的连通性。



RSTP原理与配置

- RSTP新增端口角色
 - AP是被对端交换机发送的更优的BPDU堵塞的端口，处于Discarding状态，作为RP的备份
 - BP是被本交换机的其他端口发送的更优的BPDU堵塞的端口，处于Discarding状态，作为DP的备份存在
 - 拓扑发生变化，AP和BP立刻进入Forwarding状态



RSTP原理与配置

- 传统STP(802.1D)的不足
 - 收敛速度慢
 - 端口从阻塞状态进入转发状态必须经历两倍的Forward Delay时间，网络拓扑变化后需要至少两倍的Forward Delay时间（30-52s），才能恢复连通性
 - 拓扑变化可能导致不必要的收敛
 - 连接用户PC的端口频繁up/down，引起的拓扑变化，引起网络不必要的收敛



RSTP原理与配置

- RSTP的改进一
 - › 端口角色增加
 - » 把堵塞的端口细分为Alternate端口和Backup端口



STP端口类型	RSTP端口类型	描述
Root Port	Root Port	离根交换机“最近”的端口，收敛后处于forwarding状态。
Designated Port	Designated Port	该端口发送的BPDU优于接收的BPDU，收敛后处于forwarding状态。
UnRoot/UnDesignated Port	Alternate Port	替代端口，该端口发送的BPDU比从对端交换机接收的BPDU更差，收敛后处于discarding状态，根端口的备份，根端口失效，该端口立刻变为根端口
	Backup Port	备份端口，该端口发送的BPDU比从本交换机其他端口发送的BPDU更差，收敛后处于discarding状态，指定端口的备份，指定端口失效，该端口立刻变为指定端口。
Disabled	Disabled	端口失效

RSTP原理与配置

- RSTP改进二
 - › 端口状态减少
 - » 端口状态由5种状态减少到3种：
 - Forwarding、Learning、Discarding



STP端口状态	RSTP端口状态	描述
Blocking	Discarding	不学习MAC地址
Listening		不转发用户流量
Learning	Learning	学习MAC地址
Forwarding	Forwarding	不转发用户流量
		学习MAC地址
		转发用户流量



RSTP原理与配置

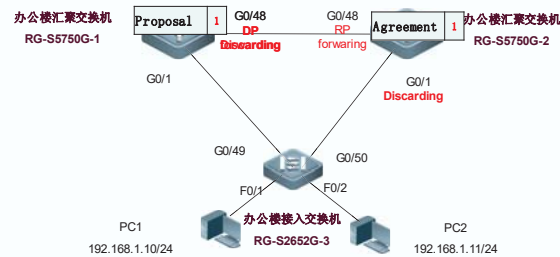


- RSTP改进三
 - › 主动发送BDU加快收敛
 - » 无论是否收到根交换机发送的BPDU，其他交换机每Hello timer (2s) 时间都会主动发送BPDU
 - » 3倍Hello timer没有收到BPDU，则说明邻居交换机失效

RSTP原理与配置



- RSTP改进三
 - 引入P/A (Proposal/Agreement) 机制主动协商端口角色及状态
 - 网络收敛的速度和BPDU的传输速度相当



RSTP原理与配置



- RSTP改进三
 - › 主动发送BPDU加快收敛
 - › 引入P/A (Proposal/Agreement) 机制主动协商端口角色及状态
 - › 引入边缘端口 (Edge Port)
 - › 连接主机的端口可以配置为边缘端口
 - › 边缘端口可以直接从Discarding状态切换到Forwarding状态

RSTP原理与配置



- RSTP改进三
 - › 主动发送BPDU加快收敛
 - › 引入P/A (Proposal/Agreement) 机制主动协商端口角色及状态
 - » 在BPDU的Flag字段, 把原来保留的中间6位使用起来
 - » P/A机制要求端口类型必须是点对点 (point-to-point)

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
TCA	Agreement	Forwarding	Learning	端口角色		Proposal	TC

RSTP原理与配置



- RSTP的BPDU

```

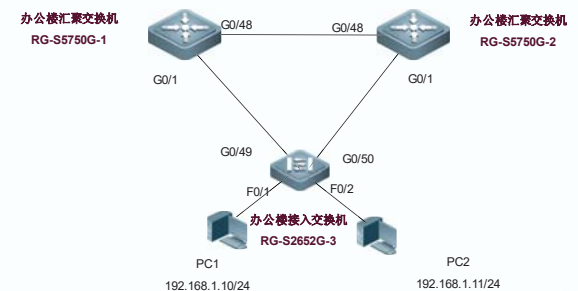
# Frame 4: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on 0
# IEEE 802.3 Ethernet
# Destination: Spanning Tree (for bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
# Source: FujianST-7e:9d:c7 (00:1a:a9:7e:9d:c7)
# Length: 39
# Trailer: 0040000000000000
# Logical Link Control
# Spanning Tree Protocol
# Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
# Protocol Version Identifier: Rapid Spanning Tree (2)
# BDPV Type: Rapid/Multiple Spanning Tree (0x02)
# BDPV Flags: 0x7c (Agreement, Forwarding, Learning, Port Role: Designated)
# 0 ..... = Topology Change Acknowledgment: No
#   .l ..... = Agreement: Yes
#   .f.l ..... = Forwarding: Yes
#   .l ..... = Learning: Yes
#   .ll ..... = Port Role: Designated (3)
#   .f ..... = Proposal: No
#   .....0 = Topology Change: No
# Root Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:7e:9d:c7
# Root Path Cost: 0
# Bridge Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:7e:9d:c7
# Port Identifier: 0x8003
# Message Age: 0
# Max Age: 20
# Hello Time: 2
# Forward Delay: 15
# Version 1 Length: 0

```

RSTP原理与配置



- RSTP案例
 - 在接入层和汇聚交换机上开启RSTP，并使得57-1成为根网桥，57-2成为备份根网桥
 - 连接PC的端口配置为边缘端口



RSTP原理与配置



- RSTP输出信息

```
5750-1#sh spanning-tree summary
```

```
Spanning tree enabled protocol rstp
```

```
Root ID Priority 4096
```

```
Address 001a.a97e.9dc7
```

```
this bridge is root
```

```
Hello Time 2 sec Forward Delay 15 sec Max Age 20 sec
```

```
Bridge ID Priority 4096
```

```
Address 001a.a97e.9dc7
```

```
Hello Time 2 sec Forward Delay 15 sec Max Age 20 sec
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio	Type	OperEdge
Gi0/48	Desg	FWD	20000	128	P2p	False
Gi0/1	Desg	FWD	20000	128	P2p	False



RSTP原理与配置



- RSTP输出信息

```
2628G-3#sh spanning-tree int g0/49
```

```
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFILTER : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 1000.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 1000.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedPort : 8019
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
```

```
2628G-3#sh spanning-tree int g0/50
```

```
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFILTER : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : discarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 1000.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 20000
PortDesignatedBridge : 2000.001a.a97e.9d8b
PortDesignatedPort : 8019
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : alternatePort
```



课程内容



- 生成树原理
- RSTP原理及配置
- **MSTP原理及配置**
- VRRP原理及配置
- MSTP和VRRP组合应用



RSTP原理与配置



- RSTP输出信息

```
2628G-3#sh spanning-tree summary
```

```
Spanning tree enabled protocol rstp
```

```
Root ID Priority 4096
```

```
Address 001a.a97e.9dc7
```

```
this bridge is root
```

```
Hello Time 2 sec Forward Delay 15 sec Max Age 20 sec
```

```
Bridge ID Priority 32768
```

```
Address 001a.a94a.8261
```

```
Hello Time 2 sec Forward Delay 15 sec Max Age 20 sec
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio	Type	OperEdge
Gi0/50	Altn	BLK	20000	128	P2p	False
Gi0/49	Root	FWD	20000	128	P2p	False



RSTP原理与配置



- RSTP知识点回顾

- › 1.RSTP引入了哪些机制加快网络收敛？
- › 2.配置RSTP时是否一定要配置spanning-tree？
- › 3.网桥优先级和端口优先级缺省值是多少？它们的取值是否可以任意数字？

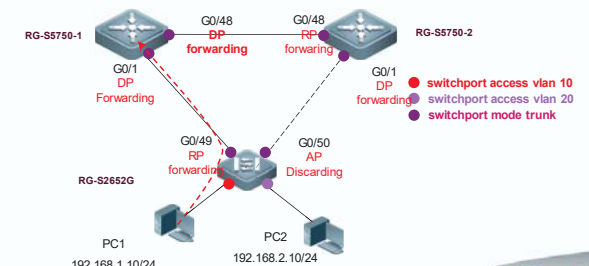


MSTP原理与配置



- RSTP的不足

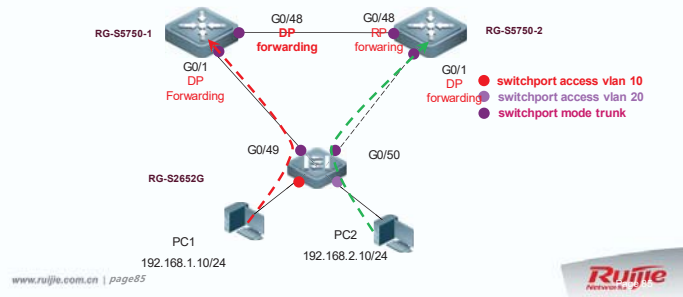
- › 以交换机为单位，只有“一棵树”
- › 只能实现冗余，所有数据只能走单边，无法实现数据分流，无法充分利用链路带宽



MSTP原理与配置

• MSTP的作用

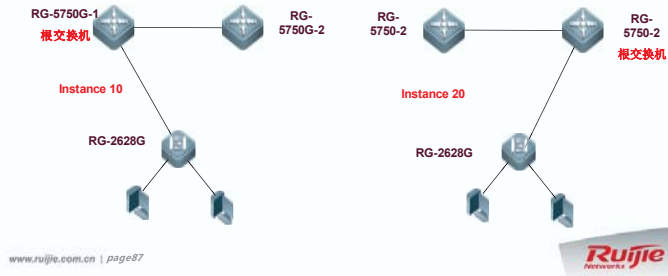
- 把用户VLAN和实例绑定，通过MSTP的多实例实现用户数据分流，充分利用链路带宽，满足用户业务分流的需求



MSTP原理与配置

• 实例 (Instance)

- 每个实例独立进行STP计算，不同实例的根网桥可以不同，同一个端口在不同的实例中的端口角色和状态可以不同



MSTP原理与配置

• MSTP的各种树

- IST Internal Spanning Tree (域内) 内部生成树
 - MST域内的一个实例号为0的生成树，保证区域内的连通性
- CST Common Spanning Tree (域间) 公共生成树
 - 连接所有MST区域的一个生成树。每个MST区域对于CST来说相当于一个虚拟的交换机。如果将MST域视为一个“交换机”，那么CST就是这些“交换机”通过STP或RSTP计算出来的一个生成树。
- CIST Common and Internal Spanning Tree
 - IST和CST共同构成了整个网络的CIST，相当于每个MST区域中的IST、CST以及802.1d网桥的集合。STP和RSTP会为CIST选举出CIST的根。
- MSTI Multiple Spanning-Tree Instance 多生成树实例
 - 域内每个Instance中的生成树叫做MSTI

MSTP原理与配置

• MSTP Multiple Spanning Tree Protocol 多生成树协议

- 具备RSTP的快速收敛机制，象RSTP一样快速收敛
- 基于实例 (Instance) 进行生成树计算，并能把VLAN映射到实例中，从而实现基于VLAN的数据分流
 - 一个交换机最多可以支持65个实例 (编号0-64)，一个MSTP的实例相当于一个RSTP生成树
 - 一个VLAN只能映射到一个实例中，一个或若干个VLAN可以映射到同一个实例中，实现基于VLAN的负载均衡
 - 不同的实例通过实例号区分，缺省所有vlan和实例0映射，实例0强制存在

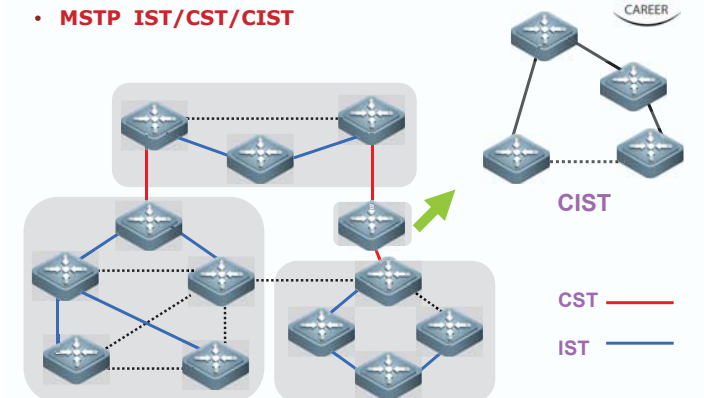
MSTP原理与配置

• Region 域

- 有着相同Instance 配置的几台交换机组成一个域，域内的交换机通过IST (Internal spanning-tree 内部生成树) 保证连通性
- 整个域对其他域呈现为一个逻辑的“STP交换机”，域间运行CST (Common spanning-tree 公共生成树)，保证整个网络的连通性
- 域内是多实例，域间是单实例
- MSTP BPDU里面包含MST 配置名称、MST revision number (修订版本号)、Instance和vlan 的映射，如果在一个端口上收到的BPDU里面的这些MST配置信息与本地一致，那么这两个交换机处于同一个域内，运行相同的IST

MSTP原理与配置

• MSTP IST/CST/CIST



MSTP原理与配置

● MSTP报文

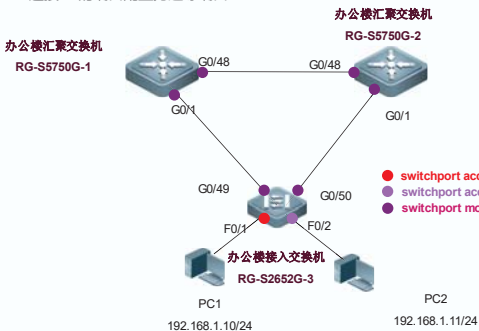
```
# Frame 27: 151 bytes on wire (1208 bits), 151 bytes captured (1208 bits) on interface 0
# IEEE 802.3 Ethernet
# Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
# Source: FujianSt_76:9c:0a (00:1a:a9:76:9c:0a)
# Length: 137
# Logical-Link Control
# Spanning Tree Protocol
# Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
# Protocol Version Identifier: Multiple Spanning Tree (3)
# BPDU Type: Rapid/Multiple Spanning Tree (0x02)
# BPDU flags: 0x7c (Agreement, Forwarding, Learning, Port Role: Designated)
# Root Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:76:9c:0a
# Root Path Cost: 0
# Bridge Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:76:9c:0a
# Port identifier: 0x8002
# Message Age: 0
# Max Age: 20
# Hello Time: 2
# Forward Delay: 15
# Version 1 Length: 0
# Version 3 Length: 96
# MST Extension
# MST Config ID format selector: 0
# MST Config name:
# MST Config revision: 0
# MST Config digest: 9357ebb7a8d74dd5fef4f2bab50531aa
# CIST Internal Root Path Cost: 0
# CIST Bridge Identifier: 32768 / 0 / 00:1a:a9:76:9c:0a
# CIST Remaining hops: 20
# MSTID 1, Regional Root Identifier 4096 / 00:1a:a9:7e:9d:c7
# MSTID 2, Regional Root Identifier 4096 / 00:1a:a9:7e:9d:8b
```



MSTP原理与配置

● MSTP案例

- 在接入层和汇聚交换机上开启MSTP，使得VLAN 10的主根网桥是57-1，备份根网桥57-2；VLAN 20的主根是57-2，备份根是57-1
- 连接PC的端口配置为边缘端口



MSTP原理及配置

● MSTP输出信息

```
5750-1#sh spanning-tree mst 10
```

```
##### MST 10 vlans mapped :
10
BridgeAddr : 001a.a97e.9dc7
Priority: 4096
TimeSinceTopologyChange :
0d:0h:17m:13s
TopologyChanges : 2
DesignatedRoot :
100a.001a.a97e.9dc7
RootCost : 0
RootPort : 0
```



```
5750-1#sh spanning-tree mst 10 interface g0/1
```

```
##### MST 10 vlans mapped : 10
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedPort : 8019
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 0
PortOperPathCost : 20000
PortRole : designatedPort
```

```
5750-1#sh spanning-tree mst 10 interface g0/48
```

```
##### MST 10 vlans mapped : 10
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedPort : 801a
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 0
PortOperPathCost : 20000
PortRole : designatedPort
```

MSTP原理与配置

● 部署流程

- 在接入层和汇聚层交换机开启生成树协议
Ruijie(config)#spanning-tree
- 指定生成树模式为MSTP（可选）
Ruijie(config)#spanning-tree mode mstp
- 在汇聚和接入交换机上配置实例
Ruijie(config)#spanning-tree mst configuration
Ruijie(config-mst)#instance 10 vlan ?
LINE Vlan range ex: 1-65, 72, 300-2000
- 针对实例配置优先级
Ruijie(config)#spanning-tree mst 10 priority 4096
- 在接入交换机连接用户的端口配置为Portfast
Ruijie(config-if-range)#spanning-tree portfast



MSTP原理及配置

● MSTP输出信息

```
5750-1#sh spanning-tree mst configuration
Multi spanning tree protocol : Enable
```

```
Name :
Revision : 0
Instance Vlans Mapped
```

```
-----
0 : 1-9, 11-19, 21-4094
10 : 10
20 : 20
```



MSTP原理及配置

● MSTP输出信息

```
5750-2#sh spanning-tree mst 10
```

```
##### MST 10 vlans mapped :
10
BridgeAddr : 001a.a97e.9d8b
Priority: 8192
TimeSinceTopologyChange :
0d:0h:18m:38s
TopologyChanges : 7
DesignatedRoot :
100a.001a.a97e.9dc7
RootCost : 20000
RootPort : 48
```



```
5750-2#sh spanning-tree mst 10 interface g0/1
```

```
##### MST 10 vlans mapped : 10
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 200a.001a.a97e.9d8b
PortDesignatedPort : 8019
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 0
PortOperPathCost : 20000
PortRole : designatedPort
```

```
5750-2#sh spanning-tree mst 10 interface g0/48
```

```
##### MST 10 vlans mapped : 10
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedPort : 801a
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 0
PortOperPathCost : 20000
PortRole : rootPort
```

MSTP原理及配置

• MSTP输出信息

2628G-3#show spanning-tree mst 10

```
##### MST 10 vlans mapped : 10
BridgeAddr : 001a.a94a.8261
Priority : 32768
TimeSinceTopologyChange :
0d:0h:22m:3s
TopologyChanges : 3
DesignatedRoot :
100a.001a.a97e.9dc7
RootCost : 20000
RootPort : 49
```

```
2628G-3#sh spanning-tree mst 10 interface g0/49

##### MST 10 vlans mapped :10
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedPort : 8019
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 0
PortoperPathCost : 20000
PortRole : rootPort
```

```
2628G-3#sh spanning-tree mst 10 interface g0/50

##### MST 10 vlans mapped :10
PortState : discarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 100a.001a.a97e.9dc7
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 200a.001a.a97e.9d8b
PortDesignatedPort : 8019
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 0
PortoperPathCost : 20000
PortRole : alternatePort
```

MSTP原理及配置

• MSTP的增强特性

› Portfast

- » 在接入层设备上直连PC的端口上配置，相当于RSTP中的边缘端口（Edge port）

2628G-3(config-if-GigabitEthernet 0/1)#spanning-tree portfast

- » 配置了该命令的端口可以直接从blocking/discarding状态进入转发状态，可以避免生成树协议中转发延迟对用户的影响。端口UP/Down不会引起拓扑变化，不会触发TCN

MSTP原理及配置

• MSTP的增强特性

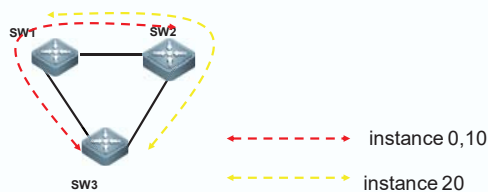
› BPDUfilter

- » 配置了该命令的端口不会发送BPDU，丢弃接收到的BPDU

2628G-3(config-if-GigabitEthernet 0/1)#spanning-tree bpdufilter enable

MSTP原理及配置

• 拓扑稳定后，各实例（VLAN组）的通路情况如下：



MSTP原理及配置

• MSTP的增强特性

› BPDUguard

- » 在接入层设备上直连PC的端口上配置，防止可能存在的环路和STP协议攻击

2628G-3(config-if-GigabitEthernet 0/1)#spanning-tree bpduguard enable

- » 配置了该命令的端口如果收到BPDU报文则进入errordisable状态
- » 只有消除环路或者协议攻击后，通过配置才能恢复端口的转发

生成树原理与配置

重要知识点回顾

- › 1.MSTP相对于RSTP的优势在哪里？
- › 2.MSTP为什么能实现数据分流？
- › 3.如何保证汇聚层和接入层交换机在同一个域内？P62中接入交换机如果不配置实例和VLAN的映射是否可以？会导致什么结果？
- › 4.P62中汇聚交换机针对实例0配置优先级是否必要？为什么？

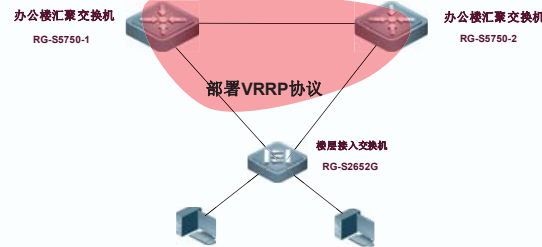
课程内容

- 生成树原理
- RSTP原理及配置
- MSTP原理及配置
- **VRRP原理及配置**
- MSTP和VRRP组合应用



VRRP原理与配置

- 解决方案
 - › 接入层双链路上联双汇聚
 - › 汇聚层交换机上部署VRRP协议



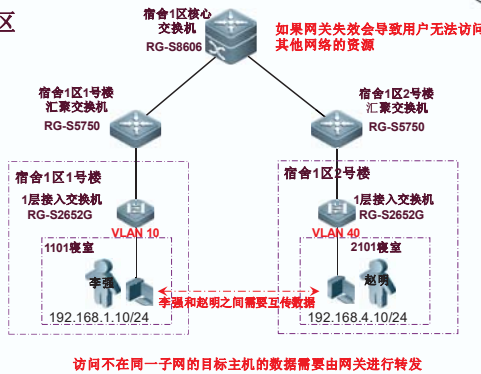
VRRP原理及配置

- VRRP概述
 - Virtual Router Redundancy Protocol 虚拟路由冗余协议
 - 是一种网关冗余协议，通过交互报文，把多台“路由器”虚拟为一台逻辑的“路由器”，主机把这台虚拟路由器设置为网关或者下一跳
 - 由一台物理路由器承担网关的作用，一旦这台物理路由器失效，则由备份路由器自动承担网关的作用



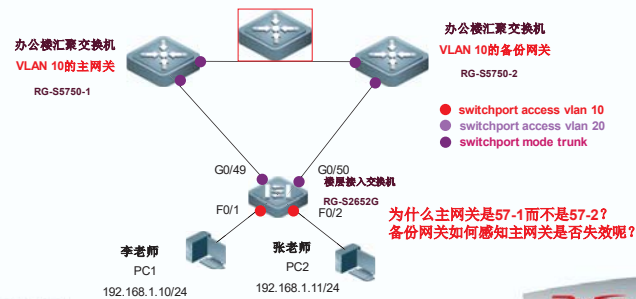
场景描述

宿舍1区



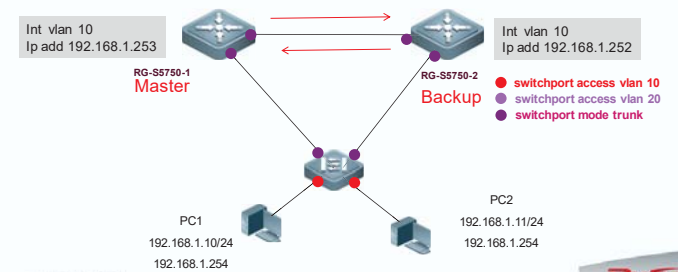
VRRP协议作用

- › 部署VRRP的两台汇聚交换机对外呈现为一台逻辑交换机，正常时由主网关（master）转发，主网关失效后备份网关自动激活，转发用户数据



VRRP原理与配置

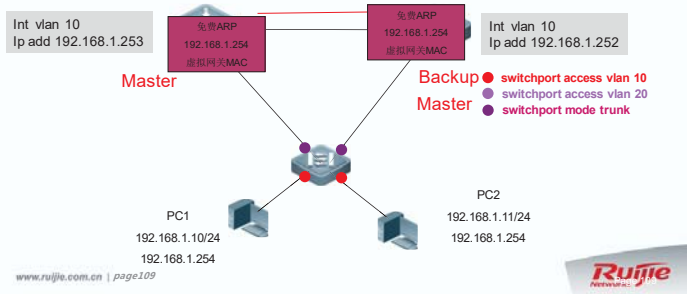
- VRRP工作原理
 - 配置了VRRP的交换机之间相互传递VRRP报文
 - 比较VRRP报文中的接口优先级和接口IP，选举主网关（master）
 - 先比较优先级，优先级大的成为主网关
 - 如果优先级相等，则IP地址大的当选



VRRP原理与配置

● VRRP工作原理

- Master对外宣称自己是主网关，转发发往虚拟网关的用户数据
- 选举完成后只有Master每Advertisement_Interval（缺省1s）发送VRRP报文，维护网络拓扑
- Master_Down_Timer（3倍Advertisement_Interval）没有收到VRRP报文，则backup自动成为master，转发发往虚拟网关的用户数据



VRRP原理与配置

● VRRP的一种报文

- › VRRP只有一种报文：VRRP通告
- › 目的IP 224.0.0.18，协议号112

```
# Frame 1: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
# Ethernet II, Src: IETF-VRRP-VRID_14 (00:00:5e:00:01:14), Dst: IPv4mcast_00:00:12 (01:00:5e:00:00:12)
# Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.2.252 (192.168.2.252), Dst: 224.0.0.18 (224.0.0.18)
# Virtual Router Redundancy Protocol
# Version 2, Packet type 1 (Advertisement)
  Virtual Rtr ID: 20
  Priority: 130 (Non-default backup priority)
  Addr Count: 1
  Auth Type: No Authentication (0)
  Adver Int: 1
  Checksum: 0x9942 [correct]
  IP Address: 192.168.2.254 (192.168.2.254)
```

- › Virtual Rtr ID（VRID）：虚拟路由器号（即组号），取值范围1~255，组号不同，无法协商
- › Priority：接口优先级，缺省100，取值范围0-255
- › IP add：虚拟IP

www.ruijie.com.cn | page111

VRRP原理与配置

● VRRP的三种状态：

- › Initialize
 - » 设备初始化时进入此状态，路由器不会对VRRP报文做任何处理
 - » 当收到接口startup的消息，将转入Backup（优先级不为255时）或Master状态（优先级为255时）
- › Master
 - » 定期发送VRRP通告报文
 - » 响应对虚拟IP地址的ARP请求，并且用虚拟MAC地址应答，接收目的MAC地址为虚拟MAC地址的IP报文
 - » 在Master状态中只有接收到比自己的优先级大的VRRP报文时，才会转为Backup。
- › Backup
 - » 接收Master发送的VRRP通告报文
 - » 对虚拟IP地址的ARP请求不做响应、丢弃目的MAC地址为虚拟MAC地址的IP报文、丢弃目的IP地址为虚拟IP地址的IP报文

www.ruijie.com.cn | page113

VRRP原理与配置

● VRRP概念

- › VRRP组(VRID)
 - » 由多个路由器组成，属于同一VRRP组的VRRP路由器相互交互报文
- › 虚拟路由器
 - » 由一个master和若干backup组成，主机将虚拟路由器设置为网关
- › 虚拟IP
 - » 虚拟路由器的IP地址
- › 虚拟MAC
 - » 虚拟路由器拥有的虚拟MAC，格式为0000-5E00-01XX(XX对应VRID)，虚拟路由器使用虚拟mac回应对虚拟IP的ARP请求
- › MASTER、BACKUP路由器
 - » MASTER路由器就是在VRRP组实际转发数据包的路由器
 - » BACKUP路由器就是在VRRP组中处于监听状态的路由器，一旦MASTER路由器出现故障，BACKUP路由器就开始接替工作

www.ruijie.com.cn | page110

VRRP原理与配置

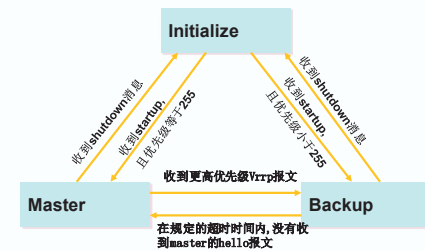
● 两个计时器：

- › Advertisement_Interval:
 - » master路由器按照Advertisement_Interval定义的时间间隔来发送Vrrp通告报文
 - » 默认为1s.
- › Master_Down_Timer:
 - » Backup 路由器认为Master路由器down机的时间间隔.
 - » 默认情况下等于VRRP通告报文发送时间间隔的三倍.

www.ruijie.com.cn | page112

VRRP原理与配置

● VRRP三种协议状态切换过程



www.ruijie.com.cn | page114

VRRP原理与配置



- Track 跟踪
 - 监视某个接口,并根据所监视接口的状态动态地调整本路由器的优先级.
 - 被跟踪的接口失效, 优先级缺省减少10



VRRP原理及配置



- 部署流程
 - 在汇聚层交换机配置虚拟IP

```
5750-1(config)#int vlan 10
5750-1(config-VLAN 10)#ip add 192.168.1.253 255.255.255.0
5750-1(config-VLAN 10)# vrrp 10 ip 192.168.1.254
```
 - 在汇聚层交换机上配置接口优先级,控制master的选举

```
5750-1(config-VLAN 10)#vrrp 10 priority 105
```
 - 在汇聚层交换机上配置上行接口跟踪(可选)

```
5750-1(config-VLAN 10)#vrrp 10 track gigabitEthernet 0/25 ?
<1-255> Priority decrement
```
 - 修改VRRP的通告计时器 (慎用)

```
5750-1(config-VLAN 10)#vrrp 10 timers advertise ?
<1-255> VRRP advertise interval
```



VRRP原理及配置



- VRRP输出信息

```
5750-1#sh vrrp brief
Interface  Grp Pri  timer Own Pre  State  Master addr  Group addr
VLAN 10   10 105  3    -    P  Master  192.168.1.253 192.168.1.254
```

```
5750-1#sh vrrp interface vlan 10
VLAN 10 - Group 10
State is Master
Virtual IP address is 192.168.1.254 configured
Virtual MAC address is 0000.5e00.010a
Advertisement interval is 1 sec
Preemption is enabled
min delay is 0 sec
Priority is 105
Master Router is 192.168.1.253 (local), priority is 105
Master Advertisement interval is 1 sec
Master Down interval is 3 sec
```



VRRP原理与配置



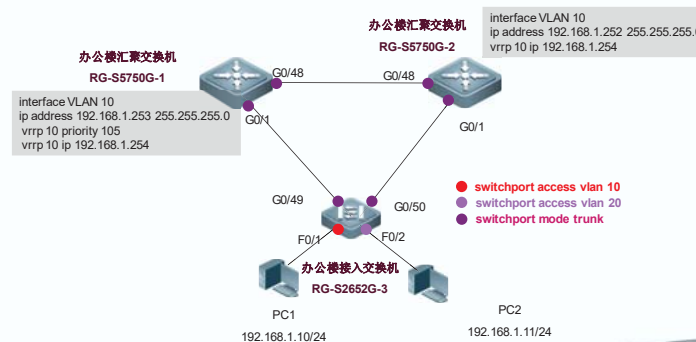
- 抢占模式
 - 默认情况下,抢占模式是开启的。
 - 用于保证高优先级的路由器成为活动路由器。
 - 如果抢占模式关闭, 高优先级的备份路由器不会主动成为活动路由器, 即使活动路由器优先级较低, 只有当活动路由器失效时, 备份路由器才会成为主路由器。



VRRP原理与配置



- VRRP案例
 - 在汇聚交换机上部署VRRP, 使得VLAN 10的主网关是57-1, 备份网关是57-2;



VRRP原理与配置



- 重要知识点回顾
 - 1.VRRP协议的作用是什么?
 - 2.VRRP协议如何选举Master?
 - 3.描述VRRP协议的工作过程



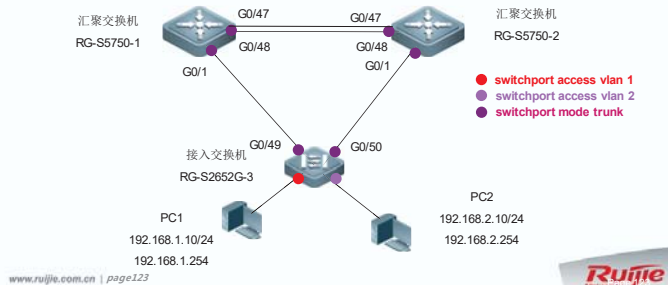
课程内容

- 生成树原理
- RSTP原理及配置
- MSTP原理及配置
- VRRP原理及配置
- **MSTP和VRRP组合应用**



MSTP与VRRP组合应用

- 场景2描述
 - › 接入层交换机上有4个用户vlan，vlan 1，2，3，4
 - › 左边的S5750转发奇数vlan数据，右边的S5750转发偶数vlan数据，两台S5750互为备份



MSTP与VRRP组合应用

- VRRP规划
 - 在汇聚层交换机的SVI接口下运行VRRP协议，5750-1是奇数Vlan的master，5750-2是偶数vlan的master
 - 一般不修改通告间隔，如果修改了通告间隔，同一个VRRP组的通告间隔必须相同
 - 如果因环境原因可能产生收帧延迟，导致VRRP震荡，或者VRRP组比较多，例如双核心应用环境中有30个左右的VRRP组，且都把同一台设备设置为Master。为了避免同一个时刻大量收发VRRP报文对CPU的冲击，建议修改不同VRRP组的通告发送间隔，比如50% VRRP组的通告发送间隔设置成1秒，50%设置成2秒
 - 建议开启监控主设备上上行链路的接口功能
 - 汇聚交换机互联端口尽量配置为聚合端口



MSTP与VRRP组合应用

- 场景1描述
 - › 接入层交换机上有4个用户vlan，vlan 1，2，3，4
 - › 左边的S5750-1是主网关，右边的S5750-2是备份网关



MSTP与VRRP组合应用

- MSTP规划:
 - 接入层和汇聚层交换机域名、修订版本号和vlan、instance映射关系必须一致才是同一个域。一般只需要保证vlan、instance映射一致即可，域名和修订版本号采用默认值即可
 - 通过修改网桥优先级把汇聚交换机设备设置为根网桥，和VRRP协议一起使用时，同一个VLAN的主根、主网关必须一致
 - 连接用户的端口配置portfast功能和BPDUGuard功能，防止端口UP/Down引起不必要的拓扑震荡，防止潜在的环路



MSTP与VRRP组合应用

- S5750 - 1相关配置

```
spanning-tree
spanning-tree mst configuration
instance 0 vlan 5-4094
instance 1 vlan 1, 3
instance 2 vlan 2, 4
spanning-tree mst 0 priority 4096
spanning-tree mst 1 priority 4096
spanning-tree mst 2 priority 8192

interface GigabitEthernet 0/1
Switch mode trunk

interface GigabitEthernet 0/47
port-group 1

interface GigabitEthernet 0/48
port-group 1

interface AggregatePort 1
switchport mode trunk
```

```
interface VLAN 1
ip address 192.168.1.253 255.255.255.0
vrrp 1 priority 105
vrrp 1 ip 192.168.1.254
Vrrp 1 track gigabitEthernet 0/46

interface VLAN 2
ip address 192.168.2.253 255.255.255.0
vrrp 2 ip 192.168.2.254
!

interface VLAN 3
ip address 192.168.3.253 255.255.255.0
vrrp 3 priority 105
vrrp 3 ip 192.168.3.254
Vrrp 3 track gigabitEthernet 0/46
!

interface VLAN 4
ip address 192.168.4.253 255.255.255.0
vrrp 4 ip 192.168.4.254

interface VLAN 500
ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
```



MSTP与VRRP组合应用

● S5750 - 2相关配置

```
spanning-tree
spanning-tree mst configuration
instance 0 vlan 5-4094
instance 1 vlan 1, 3
instance 2 vlan 2, 4
spanning-tree mst 0 priority 8192
spanning-tree mst 1 priority 8192
spanning-tree mst 2 priority 4096
```

```
interface GigabitEthernet 0/1
Switch mode trunk
```

```
interface GigabitEthernet 0/47
port-group 1
```

```
interface GigabitEthernet 0/48
port-group 1
```

```
!
interface AggregatePort 1
switchport mode trunk
```

```
interface VLAN 1
ip address 192.168.1.252 255.255.255.0
vrrp 1 ip 192.168.1.254
!
interface VLAN 2
ip address 192.168.2.252 255.255.255.0
vrrp 2 priority 105
vrrp 2 ip 192.168.2.254
Vrrp 2 track gigabitEthernet 0/46
!
interface VLAN 3
ip address 192.168.3.252 255.255.255.0
vrrp 3 ip 192.168.3.254
!
interface VLAN 4
ip address 192.168.4.252 255.255.255.0
vrrp 4 priority 105
vrrp 4 ip 192.168.4.254
Vrrp 4 track gigabitEthernet 0/46
!
interface VLAN 500
ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
```



MSTP与VRRP组合应用

● 生成树协议状态检查

- 实例1的根桥在S57-1上，实例2的根桥在S57-2上。

```
57-1#sh spanning-tree mst 1
##### MST 1 vlans mapped : 1, 3
BridgeAddr : 001a.a97e.9dc7
Priority: 4096
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:3m:50s
TopologyChanges : 8
DesignatedRoot : 1001.001a.a97e.9dc7
RootCost : 0
RootPort : 0
```

```
57-1#sh spanning-tree mst 2
##### MST 2 vlans mapped : 2, 4
BridgeAddr : 001a.a97e.9dc7
Priority: 4096
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:3m:59s
TopologyChanges : 8
DesignatedRoot : 1002.001a.a97e.9dc7
RootCost : 19000
RootPort : 49
```

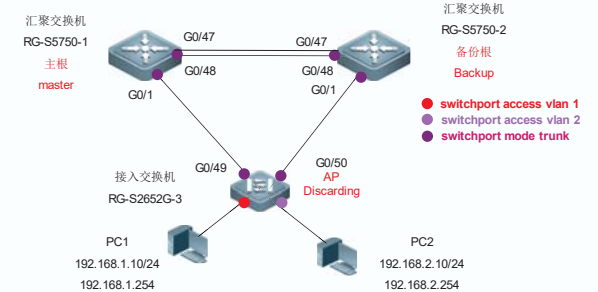
```
57-2#sh spanning-tree mst 1
##### MST 1 vlans mapped : 1, 3
BridgeAddr : 001a.a97e.9d8b
Priority: 8192
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:4m:50s
TopologyChanges : 5
DesignatedRoot : 1001.001a.a97e.9dc7
RootCost : 19000
RootPort : 49
```

```
57-2#sh spanning-tree mst 2
##### MST 2 vlans mapped : 2, 4
BridgeAddr : 001a.a97e.9d8b
Priority: 4096
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:4m:46s
TopologyChanges : 5
DesignatedRoot : 1002.001a.a97e.9d8b
RootCost : 0
RootPort : 0
```



MSTP与VRRP组合应用

● 奇数VLAN用户的逻辑拓扑



MSTP与VRRP组合应用

● S26相关配置

```
spanning-tree
spanning-tree mst configuration
instance 0 vlan 5-4094
instance 1 vlan 1, 3
instance 2 vlan 2, 4
!
interface FastEthernet 0/49
switchport mode trunk
```

```
interface FastEthernet 0/50
switchport mode trunk
```

```
interface FastEthernet 0/1
spanning-tree portfast
spanning-tree bpduguard enable
```

```
interface FastEthernet 0/2
spanning-tree portfast
spanning-tree bpduguard enable
```



MSTP与VRRP组合应用

● VRRP协议状态检查

Interface	Grp	Pri	timer	Own	Pre	State	Master addr	Group addr
VLAN 1	1	105	3	-	P	Master	192.168.1.253	192.168.1.254
VLAN 2	2	100	3	-	P	Backup	192.168.2.252	192.168.2.254
VLAN 3	3	105	3	-	P	Master	192.168.3.253	192.168.3.254
VLAN 4	4	100	3	-	P	Backup	192.168.4.252	192.168.4.254

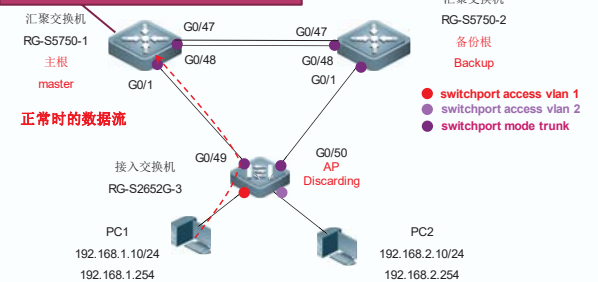
Interface	Grp	Pri	timer	Own	Pre	State	Master addr	Group addr
VLAN 1	1	100	3	-	P	Backup	192.168.1.253	192.168.1.254
VLAN 2	2	105	3	-	P	Master	192.168.2.252	192.168.2.254
VLAN 3	3	100	3	-	P	Backup	192.168.3.253	192.168.3.254
VLAN 4	4	105	3	-	P	Master	192.168.4.252	192.168.4.254



MSTP与VRRP组合应用

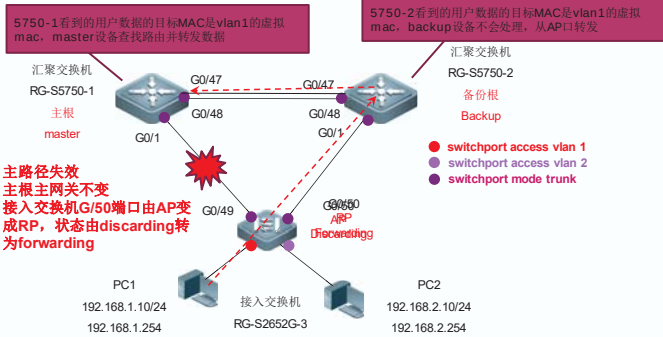
● 奇数VLAN用户的数据流分析

5750-1看到的用户数据的目标MAC是vlan1的虚拟mac，master设备查找路由并转发数据



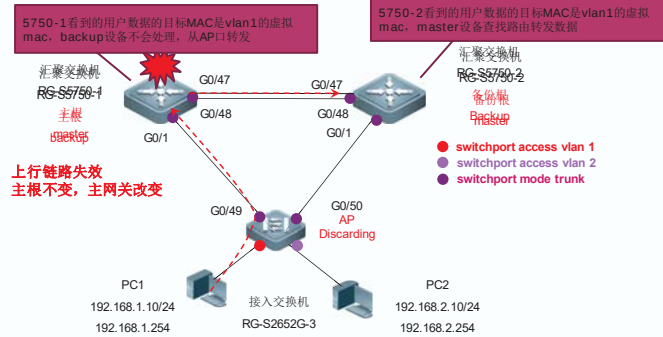
MSTP与VRRP组合应用

奇数VLAN用户的数据流分析



MSTP与VRRP组合应用

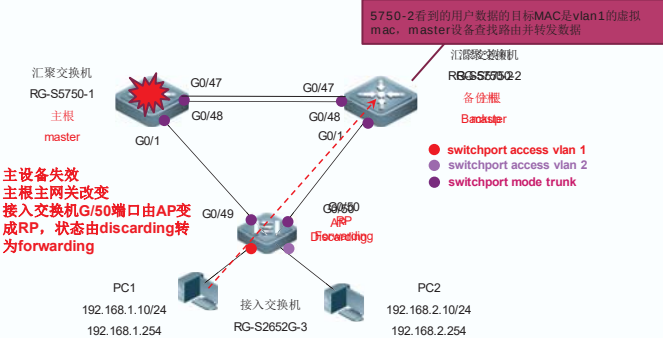
奇数VLAN用户的数据流分析



3、端口聚合

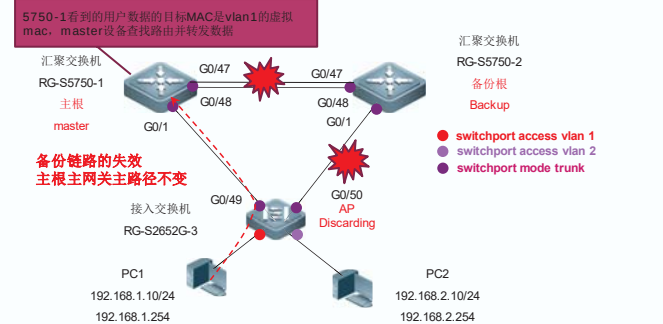
MSTP与VRRP组合应用

奇数VLAN用户的数据流分析



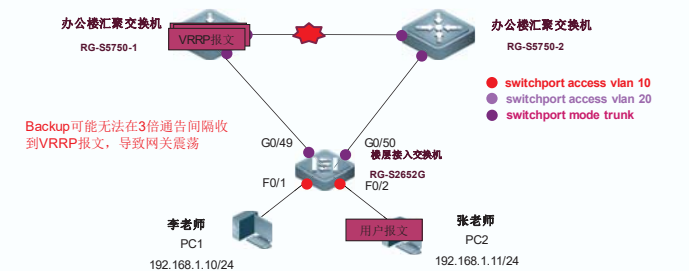
MSTP与VRRP组合应用

奇数VLAN用户的数据流分析



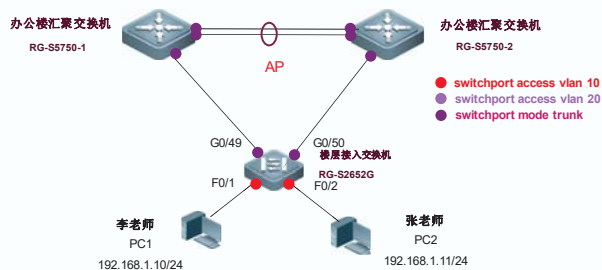
场景描述

- 主备网关之间的链路是作为VRRP报文的心跳线存在的



端口聚合原理及配置

- 解决方案
 - › 汇聚层双链路互联并配置为二层聚合端口



端口聚合原理及配置

- 端口聚合介绍
 - › Aggregate port 又叫端口聚合 链路聚合
 - › 端口聚合遵循IEEE 802.3ad协议的标准
 - › 把交换机多个特性相同的端口绑定为一个逻辑端口，将多条链路聚合成一条逻辑链路。
 - » 只有同类型端口且双工速率一致才能聚合，光口和电口不能绑定。
 - » 所有物理端口必须属于同一个VLAN
 - » 最多支持8个物理端口聚合为一个AG

端口聚合原理及配置

- 聚合端口的配置
 - › 在汇聚层交换机上配置聚合端口

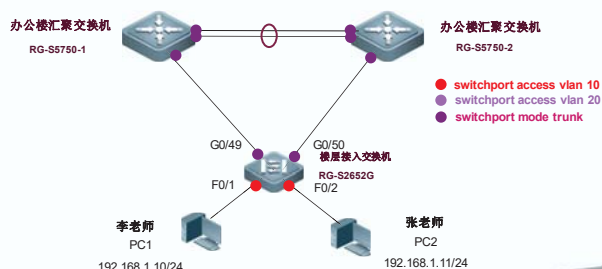
```
Ruijie(config)#int range g0/25-26
Ruijie(config-if-range)#port-group 1
```

- › 把聚合口配置为trunk

```
Ruijie(config)#int aggregateport 1
Ruijie(config-AggregatePort 1)#switchport mode trunk
```

端口聚合原理及配置

- 端口聚合作用
 - › 端口聚合的链路成为一条逻辑链路
 - › 正常时两条物理链路负载均衡，提高带宽
 - › 一条物理链路失效，另外一条链路仍然正常转发数据，提高可靠性



端口聚合原理及配置

- 聚合方式
 - › 动态聚合
 - » 通过LACP协议
 - › 静态聚合
 - » 手工绑定

端口聚合原理及配置

- 端口聚合输出信息

Ruijie#sh aggregatePort 1 summary				
AggregatePort	MaxPorts	SwitchPort	Mode	Ports
Ag1	8	Enabled	TRUNK	Gi0/25 ,Gi0/26

```
Ruijie#sh int g0/25
Index(dec):25 (hex):19
GigabitEthernet 0/25 is administratively down , line protocol is DOWN
Hardware is Broadcom 5464 GigabitEthernet
Interface address is: no ip address
MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit
```

```
Ruijie#sh int aggregateport 1
Index(dec):27 (hex):1b
AggregatePort 1 is UP , line protocol is UP
Hardware is Aggregate Link AggregatePort
Interface address is: no ip address
MTU 1500 bytes, BW 2000000 Kbit
```

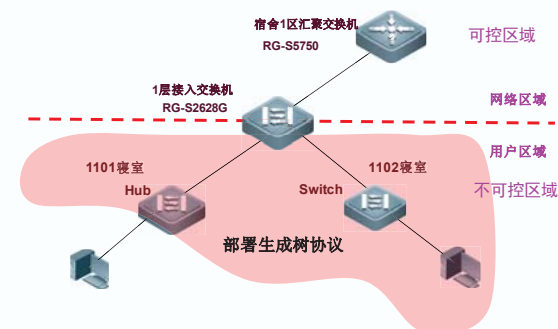
4、RLDP

场景描述

- 环路的现象
 - › 接入交换机端口指示灯以相同频率快速闪烁
 - › 接入交换机MAC地址表震荡
- 环路的危害
 - › 链路堵塞
 - » 广播报文在二层网络中不断泛洪,所有链路都被大量的广播报文充斥
 - › 主机操作系统响应迟缓
 - » 主机网卡接收到大量的广播报文,操作系统调用大量的CPU进程资源来识别这些广播报文
 - › 二层交换机管理缓慢
 - » 大量二层协议广播报文需要二层交换机CPU处理,浪费大量资源,对正常的请求无法响应
 - › 冲击网关设备的CPU
 - » 对网关IP地址的ARP请求报文,经过环路的复制转发,不断地发送到网关设备,网关设备的CPU压力不断增大,甚至崩溃

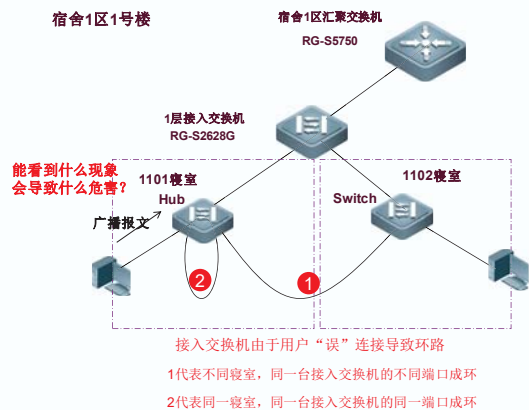
接入层环路预防方案

- 方案一、使用生成树协议预防环路



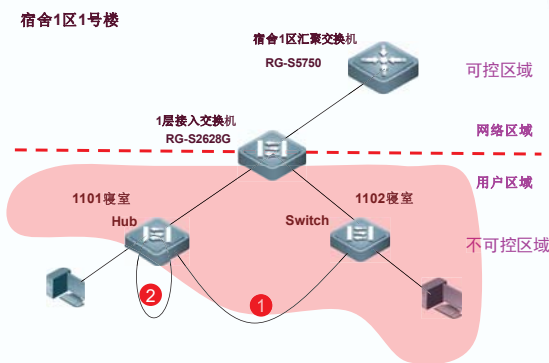
场景描述

宿舍1区1号楼



接入层环路预防方案

宿舍1区1号楼



接入层环路预防方案

- 部署流程
 - › 确定部署设备
 - » 接入交换机
 - » 接入层交换机单链路上联, 汇聚层交换机没有必要开启STP
 - › 开启生成树协议
 - » 全局模式


```
Switch (config) #Spanning-tree
```
 - › 确定生成树协议运行范围 (可选)
 - » 接入交换机上行口开启bpdufilter

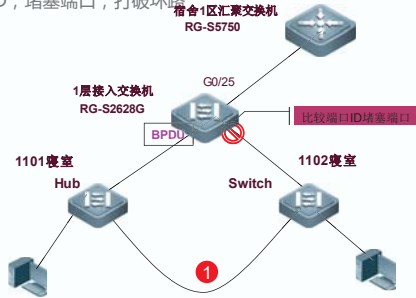

```
Switch (config-if) #Spanning-tree bpdudfilter enable
```
 - › 优化端口配置
 - » 在所有下联端口配置


```
Switch (config-if) #Spanning-tree portfast
```

接入层环路预防方案

情景1

- 启用了STP的交换机发送接收BPDU，比较根路径开销、网桥ID和端口ID，堵塞端口，打破环路



接入层环路预防方案

单端口环路解决方案

- 在接入交换机所有下联口开启（接口模式）
 - spanning-tree bpduguard enable
- 如果接入交换机所有下联口开启了portfast，该命令等价于（配置模式）
 - Spanning-tree portfast bpduguard default
 - 所有开启了portfast的端口都开启bpduguard功能
- 由于BPDUguard堵塞的端口，环路消除后不会自动打开堵塞端口，需要额外的配置才能恢复端口状态

- 手动恢复

- 自动恢复

errdisable recovery

errdisable recovery interval 120

接入层环路预防方案

单端口下的环路

- 效果查看

%SPANTREE-2-BLOCK_BPDUGUARD: Received BPDU on port FastEthernet 0/1 with BPDU Guard enabled. Disabling port.

LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet 0/1, changed state to down.
LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet 0/1, changed state to down

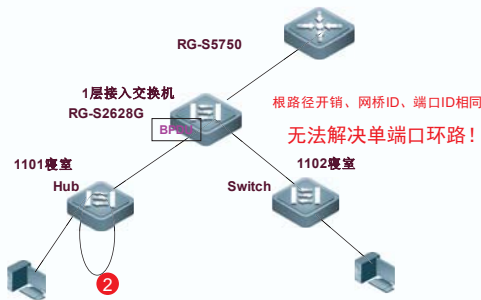
Ruijie#sh int status						
Interface	Status	Vlan	Duplex	Speed	Type	
FastEthernet 0/1	disable	1	Unknown	Unknown	copper	
FastEthernet 0/2	down	1	Unknown	Unknown	copper	
FastEthernet 0/3	down	1	Unknown	Unknown	copper	
FastEthernet 0/4	down	1	Unknown	Unknown	copper	

查看接口的状态信息

接入层环路预防方案

情景2

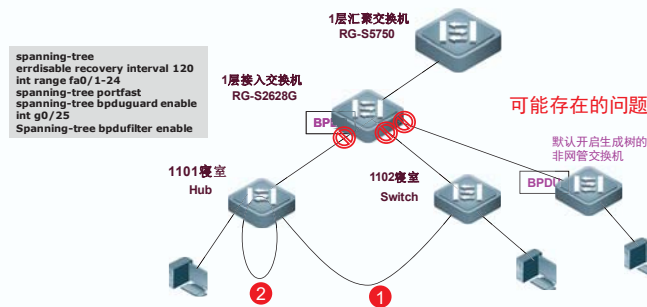
- 生成树协议算法无法解决单端口环路



接入层环路预防方案

单端口环路解决方案

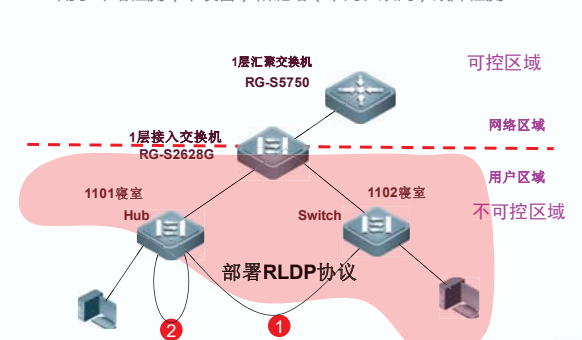
- 配置BPDUGuard后，该端口只要收到BPDU就会由于违例处于errordisable状态，堵塞端口



接入层环路预防方案

方案二、使用RLDP协议预防环路

- 快速链路检测协议，锐捷私有协议之一
- 用于环路检测（单设备）和链路（单向、双向）故障检测



接入层环路预防方案



部署流程

- 接入交换机开启RLDP功能

```
Ruijie(config)#rldp enable
```

- 所有下联端口开启RLDP功能

```
Ruijie(config)#int range FastEthernet 0/1-24  
Ruijie(config-if-range)#rldp port loop-detect shutdown-port
```

- 违例的端口不会自动恢复，需要配置环路消除后的恢复方法
 - 手动恢复

- 自动恢复

```
Ruijie(config)#errdisable recovery
```

```
Ruijie(config)#errdisable recovery interval 120
```

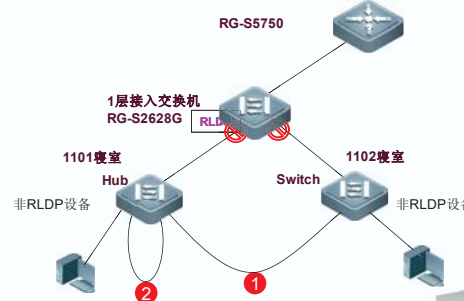


接入层环路预防方案



工作原理:

- RLDP报文中包含交换机标识和端口标识
- 端口周期性发送环路检测报文，并期待邻居(开启rldp)的响应报文
- 报文目的MAC是组播地址，保证发送出去的报文在产生环路的情况下能回到原设备
- 如果某个端口上收到了本机发出的RLDP报文，则该端口将被认为是出现了环路故障，并进行相应违例处理



接入层环路预防方案



RLDP 环路检测配置注意事项

- RLDP的block功能与STP协议存在冲突，只开启其中一种协议
- RLDP环路检测功能建议在接入交换机上开启，不建议在汇聚交换机下联trunk端口开启。
- 配置环路检查时要求端口下连的邻居设备不能开启RLDP检测，否则因为邻居设备不再转发RLDP报文，该端口将无法做出正确的检测
- RLDP环路检测功能端口违例方式建议使用shutdown-port，不建议使用block（阻塞端口丢弃报文时将要消耗交换机资源）、shutdown-svi，warning方式则根据实际使用情况灵活应用。
- 使用shutdown-port时，可以通过errdisable recovery interval自动恢复端口状态



接入层环路预防方案



违例处理

- rldp port loop-detect block/shutdown-port/shutdown-svi/warning
 - block：阻塞端口，发往该端口的所有数据将被丢弃。
 - shutdown-port：将端口置于err-disable状态。
 - shutdown-svi：将端口对应svi置于shutdown状态。
 - warning：不对端口作任何处理，仅将事件生成log日志。

- 设置探测报文的发送周期（默认3s）

- rldp detect-interval interval

- 取消RLDP对违例端口的处理，包括相关端口RLDP状态的恢复

- rldp reset

- 查看RLDP端口设置及状态

- show rldp



接入层环路预防方案



效果查看

```
%RLDP-3-LINK_DETECT_ERROR: loop detection error detect on interface FastEthernet 0/1.set  
this interface errordisable!
```

```
%LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet 0/1, changed state to down.
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet 0/1, changed state to down
```

Ruijie#sh int status					
Interface	Status	Vlan	Duplex	Speed	Type
FastEthernet 0/1	disable	1	Unknown	Unknown	copper
FastEthernet 0/2	down	1	Unknown	Unknown	copper
FastEthernet 0/3	down	1	Unknown	Unknown	copper
FastEthernet 0/4	down	1	Unknown	Unknown	copper

```
Ruijie#sh rldp interface fa0/1  
port state : error  
local bridge : 001a.a976.9c0a  
neighbor bridge : 0000.0000.0000  
neighbor port :  
loop detect information :  
action: shutdown-port  
state : error
```

显示rldp接口配置及状态信息

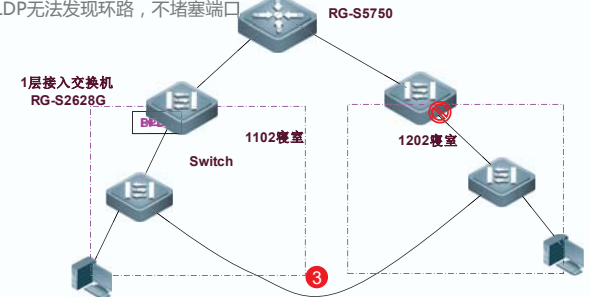


接入层环路预防方案



场景3环路检测补充说明

- 接入交换机上联口配置了BPDUfilter，STP算法无法发现环路，不堵塞端口，但BPDUGuard机制能堵塞端口
- RLDP无法发现环路，不堵塞端口



3代表不同楼层，不同接入交换机的端口成环



接入层环路预防方案

- 生成树协议
 - › 公共协议:通用的接入层环路预防方案
 - › 配置:全局、上联口、下联口
 - › 接入层下联设备不能开启STP
- RLDLP协议
 - › 私有协议：仅锐捷设备支持
 - › 配置：全局、下联口
 - › 适用于检测单个设备的自环



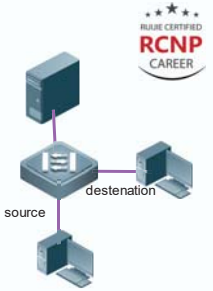
接入层环路预防方案

- 主要知识点回顾
 - › 1、接入层交换机可能出现哪几种环路？哪种环路情况最可能出现？哪种环路情况最不可能出现？
 - › 2、预防接入层环路有哪两种解决方案？
 - › 3、只在接入层交换机使能STP，但不开启BPDUguard是否能防止环路？
 - › 4、哪种情况下接入层上联口不能配置BPDUfilter？为什么？
 - › 5、环路消除后，端口是否能自动恢复为转发状态？实际工程中使用哪种端口恢复配置更好？为什么？



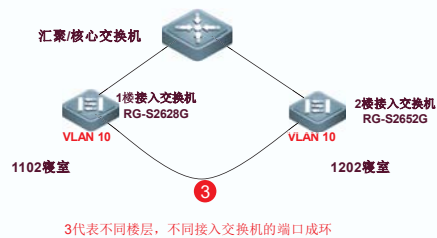
SPAN

- 原理
 - 将一个端口的数据复制到另一个端口
- 作用
 - 用于数据监控
- 配置命令
 - monitor session 1 source interface xx
 - monitor session 1 destination interface xx
- 特殊应用
 - 镜像的目的端口一般不能用于数据通讯，如需要，请加入switch参数
 - monitor session 1 destination interface xx **switch**



接入层环路预防方案

- 课堂练习（情形3）
 - › 分析说明当接入层上联口配置了BPDUfilter，STP算法为什么无法堵塞端口？
 - › 分析说明为什么RLDP无法堵塞端口。



5、端口镜像（SPAN）

SPAN配置注意事项

- 根据交换芯片的不同，部分交换机在应用SPAN时，经过CPU 处理的报文不能被镜像到镜像目的口
 - ICMP/dot1x等
- 通常情况下，交换机只支持1个镜像session，每个session可以有多个源端口，一个目的端口
- S86 SPAN
 - 支持多个会话（1-128），
 - 会话1 支持跨线卡
 - 会话2-128支持同线卡
 - 会话1与会话2-128互斥





THANKS

Ruijie
Networks



Ruijie Networks Certification Center
Addr: 北京市海淀区复兴路29号中意朗奥大厦东塔A座11层 邮编: 100036
university.ruijie.com.cn