元脉

元脉®CN9300-48Y8C 交换机

配置指导手册

版本: 1.0

更新时间：2025.8.21

元脉网络科技（山东）有限公司（以下简称“元脉网络”）为客户提供全方位的技术支持和服务。直接向元脉网络购买产品的用户，如果在使用过程中有任何问题，可与元脉网络各地办事处或用户服务中心联系，元脉网络是浪潮电子信息产业股份有限公司的全资子公司，也可直接与公司总部联系。

读者如有任何关于元脉网络产品的问题，或者有意进一步了解公司其他相关产品，可通过下列方式与我们联系：

公司网址：www.ieisystem.com

技术支持热线：400-691-1766

技术支持邮箱：Mnt_Service@ieisystem.com

客户投诉热线：400-691-1766 转 9

公司总部地址：中国（山东）自由贸易试验区济南片区舜华东路 666 号

邮政编码：250000

声 明

Copyright ©2025 元脉网络科技（山东）有限公司

版权所有，保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

元脉®浪潮信息 旗下网络业务品牌。

对于本手册中出现的其它商标，由各自的所有人拥有。

本文中的内容为通用性技术文章，某些信息可能不适用于您所购买的产品，本文中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

前 言

概述

本文档系统介绍了以太网交换机设备支持的特性及其相关配置。主要内容包括基础配置、以太网、可靠性、安全性、IP/IPv6 路由、网络管理、设备管理、IP/IPv6 组播、VPN、QoS、IP/IPv6 业务、RPC API 等基本原理和配置过程，并提供相关的配置案例。

阅读本文档有助于读者系统掌握设备的原理和各种配置信息，以及如何应用该设备进行组网。

该手册适用于交换机型号 CN9300-48Y8C。

版本更新说明

手册版本	更新说明
V1.0	手册第一次发行

约定

符号约定

在本文中可能出现下列标志，它们所代表的含义如下。

符号	说明
 警告	以本标志开始的文本表示有潜在危险，如果不能避免，可能导致人员伤害。
 注意	以本标志开始的文本表示有潜在风险，如果忽视这些文本，可能导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或不可预知的结果。
 说明	以本标志开始的文本是正文的附加信息，是对正文的强调和补充。
 窍门	以本标志开始的文本能帮助您解决某个问题或节省您的时间。

通用格式约定

格式	说明
一级标题	一级标题、二级标题、三级标题、Block 均采用思源黑体 CN Bold 表示。
二级标题	
三级标题	
正文	正文采用思源黑体 CN Medium 表示。

命令行格式约定

格式	说明
粗体	命令行关键字（命令中保持不变、必须照输的部分）采用**粗体**表示。
斜体	命令行参数（命令中必须由实际值进行替代的部分）采用*斜体*表示。
[ ]	表示用“[ ]”括起来的部分在命令配置时是可选的。
{ x | y | ... }	表示从两个或多个选项中选取一个。
[x | y | ...]	表示从两个或多个选项中选取一个或者不选。
{ x | y | ... } *	表示从两个或多个选项中选取多个，最少选取一个，最多选取所有选项。
[x | y | ...] *	表示从两个或多个选项中选取多个或者不选。

目 录

前 言 i
概述 i
版本更新说明 i
约定 ii
符号约定 ii
通用格式约定 ii
命令行格式约定 iii
目 录 1
1 登录设备配置指导 50
1.1 CLI 50
1.1.1 命令行接口 50
1.1.2 命令模式 50
1.1.2.1 命令模式简介 50
1.1.2.2 全局配置模式 51
1.1.2.3 接口配置模式 51
1.1.2.4 返回上一级命令模式 52
1.1.2.5 返回特权模式 52
1.1.3 命令行在线帮助 52
1.1.4 命令模式总结 55
1.1.5 命令行输入 56

1.1.5.1 特殊字符 56
1.1.5.2 快捷键 56
1.1.5.3 命令行的缩略形式 58
1.1.6 命令的 no 形式 59
1.1.7 命令行错误提示信息 60
1.1.8 便捷地查看显示信息 61
1.1.8.1 分屏显示 61
1.1.9 查看历史命令 62
1.2 登录设备方式介绍 63
1.3 通过 Console 口登录设备 65
1.3.1 Console 口初始配置 65
1.3.1.1 配置方法 65
1.3.2 串口配置模式下的应用 66
1.3.2.1 配置无活动的超时时间 66
1.3.2.2 串口登录认证配置 66
1.4 通过管理口登录交换机 67
1.4.1 配置管理口 67
1.4.1.1 配置管理口 IPv4 地址 67
1.4.1.2 配置管理口 IPv6 地址 68
1.4.1.3 查看管理口 IPv4/IPv6 地址 68
1.5 通过 SNMP 登录配置 69
1.5.1 SNMP 简介 69
1.5.2 SNMP 参考 70
1.5.3 术语解释 70
1.5.4 启用 SNMP 服务 71
1.5.4.1 配置步骤 71
1.5.4.2 命令验证 72

1.5.5 团体字符串配置 72
1.5.5.1 配置步骤 72
1.5.5.2 命令验证 73
1.5.6 SNMPV3 组配置 73
1.5.6.1 配置步骤 74
1.5.6.2 命令验证 75
1.5.7 SNMPV1/SNMPV2 通告配置 75
1.5.7.1 配置步骤 75
1.5.7.2 命令验证 76
1.5.8 SNMPV3 通告配置 77
1.5.8.1 配置步骤 77
1.5.8.2 命令验证 78
1.5.9 SNMP 通告指定源 IP 或源接口配置 79
1.5.9.1 配置步骤 79
1.5.9.2 命令验证 80
1.6 对登录用户的控制 81
1.6.1 配置对 Telnet/SSH 用户的控制 81
1.6.1.1 配置准备 81
1.6.1.2 配置对 Telnet/SSH 用户的控制 81
1.6.1.3 配置举例 82
1.6.2 配置对 NMS 的控制 83
1.6.2.1 配置准备 83
1.6.2.2 配置对 NMS 的控制 83
1.6.2.3 配置举例 84
1.6.3 AAA 认证与授权功能 84
1.6.3.1 配置步骤 84
1.6.3.2 配置举例 85

1.6.3.3 命令验证 87
2 基础配置指导 89
2.1 系统管理配置 89
2.1.1 MOTD 简介 89
2.1.2 配置提示消息 89
2.1.2.1 配置每日提示消息 89
2.1.2.2 配置登录提示消息 90
2.1.2.3 配置退出提示消息 90
2.1.2.4 查看提示信息 90
2.1.3 配置主机名 91
2.1.3.1 配置方法 91
2.1.3.2 命令验证 92
2.1.4 配置系统重启 92
2.1.4.1 立即重启 93
2.1.4.2 配置系统重启时间 93
2.1.4.3 配置系统延迟重启时间 93
2.2 用户管理配置 94
2.2.1 简介 94
2.2.2 配置用户等级 94
2.2.2.1 用户等级配置方法 94
2.2.2.2 命令验证 95
2.2.3 配置用户管理 96
2.2.3.1 配置登录密码 96
2.2.3.2 命令验证 96
2.2.4 配置密码安全等级 96
2.2.4.1 配置方法 96
2.2.4.2 命令验证 97

2.2.5 配置密码最小长度 97
2.2.5.1 配置方法 97
2.2.5.2 命令验证 98
2.2.6 配置密码有效周期 98
2.2.6.1 配置方法 98
2.2.6.2 命令验证 99
2.2.7 配置登录失败最大次数及解锁方法 99
2.2.7.1 配置登录失败最大次数 99
2.2.7.2 配置锁定时长 100
2.2.7.3 配置快速解除锁定 100
2.3 FTP 配置 101
2.3.1 简介 101
2.3.2 配置 FTP 服务器 101
2.3.2.1 FTP 服务器基本配置 102
2.3.3 配置 FTP 客户端 102
2.3.3.1 准备 FTP 下载或上传配置文件 102
i. 通过 FTP 下载配置文件 103
ii. 通过 FTP 上传配置文件 104
2.3.3.2 操作 FTP 服务器上的目录 105
2.3.3.3 操作 FTP 服务器上的文件 105
2.3.3.4 更改登录用户 106
2.3.3.5 删除 FTP 用户名和密码 107
2.3.4 查看 FTP 相关配置 107
2.4 TFTP 配置 108
2.4.1 简介 108
2.4.2 配置 TFTP 服务器 108
2.4.2.1 TFTP 服务器基本配置 108

2.5 Telnet 配置 110
2.5.1 简介 110
2.5.2 配置 Telnet 110
2.5.2.1 Telnet 基本配置 111
2.5.2.2 命令验证 111
2.6 SSH 配置 112
2.6.1 简介 112
2.6.2 配置 SSH 基本功能 113
2.6.3 配置 SSH 认证 113
2.6.3.1 配置 SSH 认证方式 113
2.6.3.2 配置 SSH 认证失败次数 114
2.6.3.3 配置 SSH 认证超时时间 114
2.6.4 配置 SSH 源 IP 地址 115
2.6.5 配置 SSH 源端口 115
2.6.5.1 配置带内 SSH 源端口 115
2.6.5.2 配置带外 SSH 源端口 116
2.6.6 显示 SSH 会话信息 116
2.6.7 配置 SSH 协议版本 117
2.6.8 显示 SSH 配置信息 118
2.6.9 创建 SSH 密钥 118
2.6.9.1 命令验证 121
2.6.9.2 显示密钥信息 121
i. 查看 key 的详细信息 121
ii. 查看所有 key 的简要信息 122
2.7 系统时间配置 123
2.7.1 简介 123
2.7.2 配置时间与时区 123

2.7.2.1 配置步骤.....123
2.7.2.2 命令验证.....125
2.7.3 显示时区配置.....125
2.8 证书配置.....126
2.8.1 简介.....126
2.8.2 配置 UDI.....127
2.8.2.1 创建 UDI.....127
2.8.2.2 申请及使用证书.....127
2.8.3 命令验证.....128
3 以太网配置指导.....129
3.1 以太网接口配置.....129
3.1.1 接口简介.....129
3.1.2 接口基本配置简介.....129
3.1.3 接口名称与编号.....130
3.1.4 接口基本配置举例.....131
3.1.4.1 配置以太网接口状态.....131
3.1.4.2 配置以太网接口速率.....132
3.1.4.3 配置以太网接口双工模式.....134
3.1.4.4 查看接口状态.....135
3.1.5 接口通用配置.....135
3.1.5.1 拆分以太网接口.....136
3.1.5.2 配置允许长帧通过以太网接口.....137
3.1.5.3 清除接口报文统计信息.....137
3.1.6 接口批量配置.....138
3.2 三层接口配置.....138
3.2.1 简介.....138
3.2.2 配置路由端口.....139

3.2.2.1 配置步骤.....139
3.2.2.2 查看三层接口信息.....139
3.2.3 配置 VLAN 接口.....140
3.2.3.1 配置步骤.....141
3.2.3.2 查看 VLAN 接口信息.....142
3.3 接口 Errdisable 配置.....143
3.3.1 简介.....143
3.3.2 配置 Errdisable 检测.....143
3.3.2.1 配置举例.....143
3.3.2.2 查看 Errdisable 检测状态.....144
3.3.3 配置 Errdisable 恢复.....145
3.3.3.1 配置举例.....145
3.3.3.2 查看 Errdisable 恢复.....145
3.3.4 配置 Errdisable 摆动抑制.....146
3.3.4.1 配置步骤.....146
3.3.4.2 查看 Errdisable 链路震荡信息.....147
3.3.5 控制接口进入 Errdisable 状态功能.....147
3.3.6 查看 Errdisable 状态.....148
3.4 MAC 地址表配置.....150
3.4.1 简介.....150
3.4.1.1 MAC 地址表的分类.....151
3.4.1.2 参考.....151
3.4.1.3 术语解释.....151
3.4.2 配置 MAC 地址表.....152
3.4.2.1 配置地址老化时间.....152
3.4.2.2 配置静态单播地址.....153
3.4.2.3 配置静态组播地址.....154

3.4.2.4 配置 MAC 地址过滤.....156
3.4.2.5 清除 MAC 地址条目.....157
3.5 VLAN 配置.....158
3.5.1 简介.....158
3.5.2 配置 VLAN 的基本属性.....158
3.5.2.1 进入/退出 VLAN 配置模式.....158
3.5.2.2 配置 VLAN 特性.....159
3.5.3 配置 VLAN 桥功能.....160
3.5.4 配置 VLAN 流量统计功能.....160
3.5.4.1 开启/关闭 VLAN 流量统计功能.....160
3.5.4.2 配置 VLAN 流量统计间隔时间.....161
3.5.4.3 显示 VLAN 流量统计信息.....162
3.5.4.4 清除 VLAN 流量统计信息.....162
3.5.5 配置基于端口的 VLAN.....163
3.5.5.1 配置基于 Access 端口的 VLAN.....163
3.5.5.2 配置基于 Trunk 端口的 VLAN.....164
3.5.5.3 配置基于 Hybrid 端口的 VLAN.....166
3.5.5.4 显示 VLAN 相关配置.....167
3.5.6 配置 VLAN Classification.....169
3.5.6.1 概述.....169
3.5.6.2 VLAN Classification 配置举例.....170
3.6 链路聚合配置.....175
3.6.1 简介.....175
3.6.1.1 基本概念.....175
3.6.1.2 静态聚合模式.....176
3.6.1.3 动态聚合模式.....176
3.6.2 配置聚合组.....177

3.6.2.1 拓扑 177
3.6.2.2 配置静态链路聚合组 177
3.6.2.3 配置动态链路聚合组 179
3.6.2.4 显示链路聚合组信息 181
3.7 流量控制配置 183
3.7.1 简介 183
3.7.2 配置流量控制 183
3.7.2.1 拓扑 183
3.7.2.2 配置发送流量控制报文 183
3.7.2.3 配置接收流量控制报文 184
3.7.2.4 显示流量控制报文信息 185
3.8 环回检测配置 186
3.8.1 简介 186
3.8.2 配置使能环回检测 187
3.8.2.1 配置步骤 187
3.8.2.2 显示环回检测的状态 187
3.8.3 配置环回检测报文的发送周期 188
3.8.3.1 配置步骤 188
3.8.3.2 显示环回检测报文的发送周期 188
3.8.4 配置环回检测的处理动作 189
3.8.4.1 配置步骤 189
3.8.4.2 显示接口的环回检测信息 190
3.8.5 配置环回检测的处理动作的延迟间隔 190
3.8.5.1 配置步骤 190
3.8.5.2 显示接口环回检测的状态 191
3.8.6 配置环回检测的恢复动作的延迟间隔 191
3.8.6.1 配置步骤 191

3.8.6.2 显示接口的环回检测信息.....191
3.8.7 配置对指定 VLAN 的环回检测功能.....191
3.8.7.1 配置步骤.....192
3.8.7.2 显示对指定 VLAN 的环回检测信息.....192
3.9 PFC 配置.....193
3.9.1 简介.....193
3.9.2 配置 PFC 功能.....194
3.9.2.1 拓扑.....194
3.9.2.2 使能 PFC 功能.....195
3.9.2.3 显示 PFC 的状态信息.....197
3.10 风暴控制配置.....197
3.10.1 简介.....197
3.10.2 配置风暴控制.....198
3.10.2.1 使用百分比模式配置风暴控制.....198
3.10.2.2 使用包速率模式配置风暴控制.....198
3.10.2.3 显示风暴控制的配置信息.....199
3.11 MSTP 配置.....200
3.11.1 简介.....200
3.11.2 配置 MSTP 基本功能.....200
3.11.2.1 介绍.....200
3.11.2.2 拓扑.....201
3.11.2.3 配置步骤.....201
3.11.2.4 显示 MSTP 端口状态.....206
3.11.3 配置影响 MSTP 收敛的参数.....209
3.11.3.1 配置 MSTP 定时器.....209
3.11.3.2 配置端口的链路类型.....210
3.11.3.3 配置最大 BPDU 数目.....211

3.11.3.4 配置 BPDU 报文允许的最大跳数.....211
3.12 M-LAG 配置.....212
3.12.1 简介.....212
3.12.2 配置 M-LAG.....213
3.12.2.1 进入 M-LAG 配置模式.....213
3.12.2.2 配置 peer-link.....213
3.12.2.3 配置 peer-address.....214
3.12.2.4 配置指定 MLAG ID.....215
3.12.2.5 配置双主检测地址.....215
3.12.2.6 配置举例.....216
4 可靠性配置指导.....225
4.1 BHM 配置.....225
4.1.1 简介.....225
4.1.2 配置 BHM.....225
4.1.2.1 配置系统监控功能.....225
4.1.2.2 配置 BHM 模块功能.....225
4.1.2.3 配置监控措施.....226
4.1.2.4 配置举例.....226
4.1.3 显示与维护.....227
4.2 CFM 配置.....228
4.2.1 简介.....228
4.2.2 参考.....229
4.2.3 配置 CFM 的基本功能.....229
4.2.3.1 全局启用/关闭 CFM 功能.....229
4.2.3.2 创建/删除维护域.....230
4.2.3.3 创建/删除维护联盟.....230
4.2.3.4 创建/删除维护端点 MEP.....230

4.2.3.5 创建/删除远端 MEP 231
4.2.3.6 创建/删除 MIP 232
4.2.3.7 配置连续性检查功能.....232
4.2.4 配置 CC/LB/LT/AIS/DM 233
4.2.4.1 介绍 233
4.2.4.2 拓扑 233
4.2.4.3 配置步骤.....233
4.2.4.4 检查配置结果.....241
4.2.5 配置 LCK 253
4.2.5.1 配置方法.....253
4.2.5.2 显示与维护.....254
4.2.6 配置 CSF 255
4.2.6.1 拓扑 255
4.2.6.2 配置方法.....256
4.2.6.3 显示与维护.....261
4.2.7 配置双端/单端 LM 262
4.2.7.1 配置双端 LM.....263
4.2.7.2 配置单端 LM.....263
4.2.7.3 检测配置结果.....264
4.2.8 配置 Test.....269
4.2.8.1 配置方法.....269
4.2.8.2 显示与维护.....270
4.3 CPU Traffic 配置 271
4.3.1 简介.....271
4.3.2 缺省配置.....274
4.3.3 配置 CPU Traffic 275
4.3.3.1 配置总限速.....275

4.3.3.2 配置单个速率.....275
4.3.3.3 配置优先级类别.....276
4.3.4 显示与维护.....276
4.4 UDLD 配置.....280
4.4.1 简介.....280
4.4.2 配置 UDLD.....280
4.4.2.1 开启 UDLD 功能.....280
4.4.2.2 配置 UDLD 消息间隔时间.....281
4.4.2.3 重置 UDLD 关闭的接口.....281
4.4.3 配置举例.....282
4.4.3.1 介绍.....282
4.4.3.2 拓扑.....282
4.4.3.3 配置步骤.....282
4.4.3.4 显示与维护.....283
4.5 Smart Link 配置.....285
4.5.1 简介.....285
4.5.2 配置 Smart Link.....285
4.5.2.1 创建 Smart Link 组.....285
4.5.2.2 配置主端口/副端口.....286
4.5.2.3 配置 Smart Link 组保护的 MSTP.....287
4.5.2.4 开启发送/接收 Flush 报文功能.....287
4.5.3 配置举例.....289
4.5.3.1 介绍.....289
4.5.3.2 拓扑.....289
4.5.3.3 配置方法.....290
4.5.3.4 显示与维护.....295
4.6 Multi-Link 配置.....299

4.6.1 简介.....299
4.6.2 配置 Multi-Link.....299
4.6.2.1 创建 Multi-Link 组.....299
4.6.2.2 配置指定接口的优先级.....299
4.6.2.3 配置 Multi-Link 组保护的 MSTP.....300
4.6.2.4 开启/接收 Flush 报文功能.....301
4.6.3 Multi-Link 配置举例.....302
4.6.3.1 介绍.....302
4.6.3.2 拓扑.....303
4.6.3.3 配置方法.....303
4.6.3.4 显示与维护.....307
4.6.4 Multi-Link 增强配置举例.....309
4.6.4.1 介绍.....309
4.6.4.2 拓扑.....310
4.6.4.3 配置方法.....311
4.6.4.4 显示与维护.....317
4.7 Monitor Link 配置.....321
4.7.1 简介.....321
4.7.2 配置 Monitor Link.....321
4.7.2.1 创建 Monitor Link 组.....321
4.7.2.2 创建上联/下联端口.....322
4.7.2.3 配置下联端口恢复时间.....323
4.7.3 配置举例.....323
4.7.3.1 介绍.....323
4.7.3.2 拓扑.....323
4.7.3.3 配置方法.....324
4.7.3.4 显示与维护.....325

4.8 VRRP 配置.....326
4.8.1 简介.....326
4.8.1.1 参考.....326
4.8.1.2 术语解释.....327
4.8.1.3 VRRP Process.....327
4.8.2 配置 VRRP/VRRP IPv6.....329
4.8.2.1 创建虚拟路由器组.....329
4.8.2.2 配置虚拟 IP/IPv6 地址.....329
4.8.2.3 配置端口启用 VRRP.....330
4.8.2.4 开启/关闭 VRRP 与 VRRP IPv6.....331
4.8.3 配置举例.....332
4.8.3.1 配置一个虚拟路由器.....332
4.8.3.2 配置两个虚拟路由器.....335
4.8.3.3 配置 MLAG VRRP 双主模式.....341
4.8.3.4 配置 VRRP Circuit Failover.....344
4.8.4 显示 VRRP/VRRP IPv6.....348
4.9 Track 配置.....352
4.9.1 简介.....352
4.9.2 配置 Track.....352
4.9.2.1 启用 IP SLA 监测.....352
4.9.2.2 配置 Track 与接口联动.....353
4.9.2.3 配置 Track 与 BFD 联动.....353
4.9.2.4 配置 VRRP 组监视端口.....354
4.9.2.5 配置静态路由与 Track 条目.....355
4.9.3 Track 典型配置举例.....355
4.9.3.1 配置 IP SLA 举例.....355
4.9.3.2 配置 Track 与 IP SLA 联动举例.....364

4.9.3.3 配置 Track BFD 举例 371
4.9.3.4 配置 VRRP Track 举例 374
4.9.3.5 配置 Track 与静态路由联动举例....376
4.10 VARP 配置....380
4.10.1 简介....380
4.10.2 配置 VARP 380
4.10.2.1 配置虚拟 MAC 地址....380
4.10.2.2 配置虚拟 IP/IPv6 地址....381
4.10.3 VARP 典型配置举例....382
4.10.3.1 拓扑 382
4.10.3.2 配置方法 382
4.10.3.3 命令验证 384
5 安全配置指导....386
5.1 端口安全配置 386
5.1.1 简介....386
5.1.2 安全 MAC 地址....386
5.1.3 违反端口安全的处理 387
5.1.4 配置端口安全功能 387
5.1.4.1 启用/关闭端口安全....387
5.1.4.2 配置端口允许的安全 MAC 地址最大值 388
5.1.4.3 配置静态安全地址表项....389
5.1.4.4 配置违反端口安全的处理动作 390
5.1.4.5 显示与维护....391
5.1.5 配置举例....392
5.1.5.1 配置方法....392
5.1.5.2 查看端口安全信息....393
5.2 Time Range 配置 394

5.2.1 简介.....394
5.2.2 配置时间段.....394
5.2.2.1 创建/删除时间段.....394
5.2.2.2 创建绝对时间段.....394
5.2.2.3 创建周期时间段.....395
5.2.2.4 显示与维护.....395
5.2.3 配置举例.....396
5.2.3.1 配置绝对时间段.....396
5.2.3.2 配置周期时间段.....397
5.2.3.3 查看配置结果.....397
5.3 ACL 配置.....397
5.3.1 简介.....397
5.3.2 术语解释.....398
5.3.3 配置 MAC ACL.....398
5.3.3.1 创建/删除 MAC ACL.....398
5.3.3.2 配置允许/拒绝源 MAC 地址的报文通过.....399
5.3.3.3 查看 MAC ACL.....400
5.3.4 配置 IPv4 ACL.....401
5.3.4.1 创建/删除 IPv4 ACL.....401
5.3.4.2 配置允许/拒绝符合规则的 IPv4 报文通过.....402
5.3.4.3 查看 IPv4 ACL.....403
5.3.5 配置举例.....403
5.3.5.1 介绍.....403
5.3.5.2 配置方法.....404
5.3.5.3 命令验证.....406
5.4 拓展 ACL 配置.....407
5.4.1 简介.....407

5.4.2 术语解释.....408
5.4.3 配置拓展 IPv4 ACL.....408
5.4.3.1 创建/删除拓展 IPv4 ACL.....409
5.4.3.2 配置允许/拒绝符合规则的 IPv4 报文通过.....409
5.4.3.3 配置允许/拒绝符合规则的 TCP 报文通过.....411
5.4.3.4 查看拓展 IPv4 ACL.....411
5.4.4 配置举例.....412
5.4.4.1 介绍.....412
5.4.4.2 配置方法.....412
5.4.4.3 命令验证.....413
5.5 ACLv6 配置.....414
5.5.1 简介.....414
5.5.2 术语解释.....415
5.5.3 配置 IPv6 ACL.....415
5.5.3.1 创建/删除 IPv6 ACL.....415
5.5.3.2 配置允许/拒绝符合规则的 IPv6 报文通过.....416
5.5.3.3 查看 IPv6 ACL.....417
5.5.4 配置举例.....418
5.5.4.1 介绍.....418
5.5.4.2 配置方法.....418
5.5.4.3 命令验证.....421
5.6 ARP Inspection 配置.....422
5.6.1 简介.....422
5.6.2 术语解释.....422
5.6.3 配置 ARP 检测.....423
5.6.3.1 配置可信任端口.....423
5.6.3.2 配置指定 VLAN 上启用 ARP 检测.....423

5.6.3.3 配置过滤 ARP 检测的日志信息 424
5.6.3.4 配置验证 ARP 报文中的指定字段 424
5.6.4 配置 ARP ACL 425
5.6.4.1 创建 ARP ACL 425
5.6.4.2 配置 ARP ACE 426
5.6.4.3 配置指定 VLAN 添加 ARP ACL 426
5.6.5 配置举例 427
5.6.5.1 配置步骤 427
5.6.5.2 显示与维护 429
5.7 DHCP Snooping 配置 431
5.7.1 简介 431
5.7.2 配置 DHCP Snooping 基本功能 432
5.7.2.1 全局启用 DHCP Snooping 432
5.7.2.2 配置信任端口 432
5.7.2.3 配置 snooping vlan 432
5.7.3 配置 DHCP Snooping 支持 Option 82 功能 433
5.7.3.1 使能插入 DHCP Option 82 数据 433
5.7.3.2 配置不信任端口接收含有 Option82 的 DHCP 报文 434
5.7.3.3 配置 Option82 的电路 ID 435
5.7.3.4 配置 Option82 的远端 ID 436
5.7.4 显示与维护 436
5.7.5 典型配置举例 437
5.7.5.1 配置步骤 437
5.7.5.2 命令验证 439
5.8 IP Source Guard 配置 441
5.8.1 简介 441
5.8.2 术语解释 442

5.8.3 配置 IP Source Guard 绑定功能.....442
5.8.3.1 添加/删除静态 IP 绑定条目.....442
5.8.3.2 配置端口绑定的最大条目数.....443
5.8.3.3 端口使能 IP 绑定检查功能.....444
5.8.4 显示与维护.....444
5.8.5 典型配置举例.....445
5.8.5.1 配置步骤.....445
5.8.5.2 命令验证.....447
5.9 私有 VLAN 配置.....447
5.9.1 简介.....447
5.9.2 配置私有 VLAN.....448
5.9.2.1 介绍.....448
5.9.2.2 拓扑.....448
5.9.2.3 配置方法.....449
5.9.2.4 命令验证.....451
5.10 AAA 配置.....452
5.10.1 简介.....452
5.10.1.1 认证.....452
5.10.1.2 授权.....452
5.10.1.3 计费.....453
5.10.2 配置 AAA.....453
5.10.2.1 配置 AAA 访问控制模块.....453
5.10.2.2 AAA 显示与维护.....453
5.10.3 典型配置举例.....453
5.11 端口隔离配置.....454
5.11.1 简介.....454
5.11.2 配置端口隔离.....454

5.11.2.1 配置端口加入隔离组.....454
5.11.2.2 配置端口隔离模式.....454
5.11.2.3 显示与维护.....455
5.11.3 典型配置举例.....455
5.11.3.1 介绍.....455
5.11.3.2 拓扑.....455
5.11.3.3 配置方法.....456
5.11.3.4 命令验证.....457
5.12 DDoS 攻击与防御配置.....458
5.12.1 简介.....458
5.12.2 配置 DDoS 防御.....459
5.12.2.1 配置抵御 ICMP 泛洪攻击.....459
5.12.2.2 配置 Smuf 攻击.....459
5.12.2.3 配置 SYN 泛洪攻击.....460
5.12.2.4 配置 UDP 泛洪攻击.....460
5.12.2.5 配置防御 Fraggle 攻击.....461
5.12.2.6 配置抵御 Small-packet 攻击.....461
5.12.2.7 配置过滤相同 IP/MAC 地址报文.....462
5.12.2.8 配置抵御 nullscan 攻击.....463
5.12.3 显示与维护.....463
5.13 Key Chain 配置.....465
5.13.1 简介.....465
5.13.2 配置 Key Chain.....465
5.13.2.1 创建/删除密钥链.....465
5.13.2.2 创建/删除密钥.....466
5.13.2.3 创建/删除密钥字符串.....466
5.13.2.4 配置密钥有效接收/发送时间.....467

5.13.3 显示与维护.....468
5.13.4 配置举例.....468
5.13.4.1 配置步骤.....468
5.13.4.2 命令验证.....469
5.14 Port-Block 配置.....469
5.14.1 简介.....469
5.14.2 配置 Port Block.....470
5.14.2.1 创建端口阻塞.....470
5.14.2.2 显示端口阻塞信息.....470
5.14.3 配置举例.....471
5.14.3.1 配置步骤.....471
5.14.3.2 命令验证.....471
6 IP 路由配置指导.....472
6.1 IP 单播路由配置.....472
6.1.1 简介.....472
6.1.2 配置静态路由.....472
6.1.2.1 配置 IP 地址.....472
6.1.2.2 创建静态路由.....473
6.1.2.3 配置静态路由条目数的最大值.....474
6.1.2.4 显示与维护.....474
6.1.3 配置 ECMP 负载均衡.....475
6.1.3.1 配置 ECMP 负载均衡模式.....475
6.1.3.2 配置 ECMP 的 HASH 计算.....476
6.1.3.3 检查 ECMP 配置信息.....477
6.1.4 配置举例.....477
6.1.4.1 介绍.....477
6.1.4.2 拓扑.....477

6.1.4.3 配置步骤.....478
6.1.4.4 命令验证.....481
6.2 RIP 配置.....483
6.2.1 简介.....483
6.2.2 配置 RIP 的基本功能.....483
6.2.2.1 开启 RIP 路由协议.....483
6.2.2.2 指定网段内使能 RIP 路由协议.....484
6.2.2.3 配置 NBMA 网络的 RIP 邻居.....484
6.2.2.4 配置 RIP 协议版本信息.....485
6.2.3 配置 RIPv2 特性.....486
6.2.3.1 使能 RIPv2 的认证功能.....486
6.2.3.2 配置 RIPv2 的认证方式.....486
6.2.4 配置防止 RIP 路由环路的方式.....487
6.2.4.1 配置水平分割.....487
6.2.4.2 配置毒性逆转.....487
6.2.5 配置 RIP 路由控制.....488
6.2.5.1 配置 RIP 路由的管理距离.....488
6.2.5.2 配置接口的附加度量值.....489
6.2.6 控制 RIP 路由的发送和接收.....490
6.2.6.1 配置 RIP 生成默认路由.....490
6.2.6.2 禁用接口发送/接收 RIP 报文.....490
6.2.6.3 过滤发送/接收 RIP 路由.....491
6.2.7 配置 RIP 定时器.....492
6.2.8 RIP 显示与维护.....493
6.2.9 配置举例.....494
6.2.9.1 配置 RIP 基本功能示例.....494
6.2.9.2 配置接口的 RIP 版本号示例.....498

6.2.9.3 配置 Metric 参数示例.....503
6.2.9.4 配置管理距离示例.....507
6.2.9.5 配置路由重分布示例.....511
6.2.9.6 配置 RIP 路由过滤列表示例.....516
6.2.9.7 配置 RIPv2 认证示例.....519
6.3 OSPF 配置.....527
6.3.1 简介.....527
6.3.1.1 定义.....527
6.3.1.2 特性.....528
6.3.2 配置 OSPF 的基本功能.....528
6.3.2.1 创建 OSPF 进程.....528
6.3.2.2 创建 OSPF 区域.....529
6.3.2.3 创建路由器 ID.....530
6.3.3 配置 OSPF 邻居或邻接参数.....531
6.3.3.1 配置 LSA 报文交换的重传时间.....531
6.3.3.2 配置 MTU 字段检测.....532
6.3.4 配置接口的网络类型.....532
6.3.5 配置 OSPF 的 Stub 区域.....534
6.3.6 配置 OSPF 的 NSSA 区域.....535
6.3.7 OSPF 显示与维护.....537
6.3.8 配置举例.....538
6.3.8.1 配置接口启用 OSPF 示例.....538
6.3.8.2 配置 OSPF 优先级示例.....540
6.3.8.3 配置 OSPF 区域参数示例.....543
6.3.8.4 配置 OSPF 路由重分布示例.....549
6.3.8.5 配置 OSPF 开销值示例.....557
6.3.8.6 配置 OSPF 认证示例.....564

6.4 IPv4 地址前缀列表配置.....572
6.4.1 简介.....572
6.4.2 配置 IPv4 地址前缀列表.....573
6.4.2.1 创建地址前缀列表.....573
6.4.2.2 添加地址前缀列表描述.....574
6.4.2.3 启用地址前缀列表序号.....575
6.4.3 显示与维护.....575
6.4.3.1 查看地址前缀列表信息.....575
6.4.3.2 清除地址前缀列表信息.....576
6.4.4 配置举例.....576
6.4.4.1 配置 Prefix-List 基本功能.....576
6.4.4.2 配置 Prefix-list 与 RIP 的简单应用.....578
6.4.4.3 配置 Prefix-list 与 Route-map 的应用.....579
6.5 Route-map 配置.....582
6.5.1 简介.....582
6.5.2 配置 Route-map.....583
6.5.2.1 创建 Route-map.....583
6.5.2.2 配置 match 语句.....583
6.5.2.3 配置 set 动作.....588
6.5.3 显示与维护.....592
6.5.4 配置举例.....592
6.5.4.1 配置 Route-map 应用至 OSPF.....592
6.5.4.2 配置 Route-map 应用至 BGP.....594
6.6 策略路由配置.....596
6.6.1 简介.....596
6.6.2 配置策略路由.....597
6.6.2.1 启用/关闭策略路由功能.....597

6.6.2.2 查看策略路由配置信息.....597
6.6.3 配置举例.....597
6.6.3.1 介绍.....597
6.6.3.2 拓扑.....598
6.6.3.3 配置步骤.....598
6.6.3.4 命令验证.....599
6.7 BGP 配置.....600
6.7.1 简介.....600
6.7.2 配置 BGP 的基本功能.....601
6.7.2.1 启动 BGP 进程.....601
6.7.2.2 创建 BGP 路由器 ID.....601
6.7.2.3 配置 BGP 对等体.....602
6.7.2.4 创建对等体组.....602
6.7.2.5 配置重分布路由.....603
6.7.3 配置 RR 与 BGP 联盟 ID.....604
6.7.3.1 配置路由反射器 (RR).....604
6.7.3.2 配置 BGP 联盟 ID.....604
6.7.4 配置 BGP 路由选路.....605
6.7.4.1 配置 BGP 的管理距离.....605
6.7.4.2 配置下一跳属性.....606
6.7.4.3 配置默认本地优先级.....607
6.7.4.4 配置 MED 属性.....607
6.7.4.5 配置 BGP 团体属性.....608
6.7.5 控制 BGP 路由的发送和接收.....609
6.7.5.1 配置 BGP 邻居路由的过滤.....609
6.7.5.2 配置基于 AS 路径的过滤.....610
6.7.5.3 配置基于前缀列表的过滤.....611

6.7.6 配置 BGP 定时器.....612
6.7.6.1 配置全局定时器.....612
6.7.6.2 配置邻居定时器.....612
6.7.7 配置 BGP 路由聚合.....613
6.7.8 配置向 BGP 邻居发送缺省路由.....614
6.7.9 显示与维护.....615
6.7.10 配置举例.....616
6.7.10.1 配置 EBGP.....616
6.7.10.2 配置 IBGP.....621
7 网络管理配置指导.....628
7.1 网络诊断配置.....628
7.1.1 Ping 功能简介.....628
7.1.1.1 Ping 配置.....628
7.1.1.2 配置举例.....630
7.1.1.3 命令验证.....631
7.1.2 Traceroute 功能简介.....632
7.1.2.1 Traceroute 配置.....632
7.1.2.2 配置举例.....633
7.1.2.3 命令验证.....633
7.2 NTP 配置.....634
7.2.1 简介.....634
7.2.2 配置 NTP.....634
7.2.2.1 配置 NTP 服务器与 NTP 对端.....634
7.2.2.2 配置 NTP 认证.....637
7.2.2.3 配置 NTP 访问控制条目.....638
7.2.2.4 配置端口禁止/允许接收 NTP 报文.....639
7.2.2.5 配置 NTP 层级.....639

7.2.3 NTP 显示与维护.....640
7.2.4 配置举例.....641
7.2.4.1 配置步骤.....641
7.2.4.2 命令验证.....644
7.3 RMON 配置.....646
7.3.1 简介.....646
7.3.2 配置 RMON.....646
7.3.2.1 配置 RMON 统计功能.....646
7.3.2.2 配置 RMON 告警功能.....648
7.3.3 RMON 显示与维护.....650
7.3.4 配置举例.....650
7.3.4.1 配置步骤.....650
7.3.4.2 命令验证.....651
7.4 SNMP 配置.....653
7.4.1 简介.....653
7.4.1.1 SNMP 技术优势.....653
7.4.1.2 SNMP 结构.....654
7.4.1.3 SNMP 版本.....655
7.4.2 配置 SNMP.....655
7.4.2.1 配置 SNMPv1/SNMPv2c 的属性.....655
7.4.2.2 配置 SNMPv3 的属性.....657
7.4.3 SNMP 显示与维护.....661
7.4.4 配置举例.....662
7.4.4.1 启用 SNMP 服务.....662
7.4.4.2 配置团体字符串.....663
7.4.4.3 配置 SNMPv1/SNMPv2c/SNMPv3 通告.....664
7.4.4.4 配置 SNMPv3 的基本属性.....667

7.5 sFlow 配置 668
7.5.1 简介 668
7.5.2 配置 sFlow 668
7.5.2.1 全局使能 sFlow 668
7.5.2.2 配置 sFlow Agent 与 sFlow Collector 669
7.5.2.3 配置 Flow 采样 669
7.5.2.4 配置 Counter 采样 670
7.5.3 sFlow 显示与维护 671
7.5.4 配置举例 671
7.5.4.1 介绍 671
7.5.4.2 拓扑 672
7.5.4.3 配置步骤 672
7.5.4.4 命令验证 673
7.6 LLDP 配置 674
7.6.1 简介 674
7.6.1.1 工作原理 675
7.6.1.2 基本概念 675
7.6.1.3 收发机制 675
7.6.2 配置 LLDP 676
7.6.2.1 使能 LLDP 功能 676
7.6.2.2 配置 LLDP 系统信息 676
7.6.2.3 配置 LLDP 管理地址 677
7.6.2.4 配置 LLDP 报文发送参数 677
7.6.2.5 配置 TLV 类型 678
7.6.3 LLDP 显示与维护 680
7.6.4 配置举例 681
7.6.4.1 LLDP 基本配置举例 681

7.6.4.2 LLDP 状态配置举例 681
7.6.4.3 命令验证.....682
8 设备管理配置指导.....685
8.1 系统日志配置 685
8.1.1 简介.....685
8.1.2 配置系统日志.....685
8.1.2.1 配置日志文件与严重级别.....685
8.1.2.2 配置日志服务器.....686
8.1.2.3 配置缓冲区的日志条目数.....688
8.1.3 显示与维护.....688
8.1.4 配置举例.....689
8.1.4.1 配置日志服务器示例.....689
8.1.4.2 配置缓冲区日志条目.....690
8.2 镜像配置 692
8.2.1 简介.....692
8.2.1.1 术语解释.....692
8.2.1.2 镜像类型.....694
8.2.2 配置镜像源.....695
8.2.2.1 配置镜像源端口.....695
8.2.2.2 配置镜像源 VLAN 695
8.2.2.3 配置镜像源 CPU.....696
8.2.3 配置镜像目的.....696
8.2.3.1 配置镜像目的端口.....696
8.2.3.2 配置镜像目的为 CPU.....697
8.2.3.3 创建镜像目的端口组.....698
8.2.3.4 配置接口加入目的端口组.....698
8.2.4 配置远程镜像.....699

8.2.4.1 配置远程镜像的目的 VLAN 与出端口 699
8.2.4.2 配置 MAC Escape 功能 699
8.2.5 显示与维护 700
8.2.6 配置举例 701
8.2.6.1 配置本地镜像示例 701
8.2.6.2 配置多目的端口镜像示例 703
8.2.6.3 配置远程镜像示例 705
8.2.6.4 配置 CPU 镜像示例 717
8.3 设备管理配置 723
8.3.1 简介 723
8.3.2 配置温度管理 723
8.3.2.1 配置步骤 723
8.3.2.2 命令验证 724
8.3.3 配置风扇管理 725
8.3.4 配置电源管理 726
8.3.5 配置光模块 727
8.4 Bootstrap 配置 730
8.4.1 简介 730
8.4.2 配置 Bootstrap 732
8.4.2.1 使能 Bootstrap 功能 732
8.4.2.2 显示 smart-config 配置信息 733
8.4.3 配置举例 733
8.4.3.1 简介 733
8.4.3.2 拓扑 733
8.4.3.3 配置步骤 734
8.4.3.4 命令验证 735
9 组播配置指导 736

9.1 IP 组播路由配置 736
9.1.1 简介 736
9.1.2 配置 IP 组播路由 737
9.1.2.1 使能 IP 组播路由 737
9.1.2.2 配置组播路由的最大数目 737
9.1.2.3 配置组播静态路由 738
9.1.3 显示与维护 738
9.1.4 配置举例 739
9.1.4.1 配置步骤 739
9.1.4.2 命令验证 739
9.2 IGMP 配置 740
9.2.1 简介 740
9.2.1.1 IGMP 版本 740
9.2.1.2 IGMP 报文特性 741
9.2.1.3 参考协议 741
9.2.2 使能 IGMP 功能 741
9.2.3 配置 IGMP 基本功能 742
9.2.3.1 配置 IGMP 版本 742
9.2.3.2 配置静态组播(源)组 743
9.2.3.3 配置过滤组播组 743
9.2.4 配置 IGMP 接口参数 744
9.2.4.1 配置 IGMP 查询与响应 744
9.2.4.2 配置组播组成员快速离开功能 745
9.2.5 配置 IGMP SSM Mapping 745
9.2.5.1 使能 IGMP SSM Mapping 功能 745
9.2.5.2 配置 IGMP SSM Mapping 规则 745
9.2.6 配置加入组播组的最大数目 746

9.2.6.1 全局配置组播组的最大数目.....746
9.2.6.2 接口上配置组播组的最大数目.....746
9.2.7 配置 IGMP 代理.....747
9.2.8 显示与维护.....747
9.2.9 配置举例.....748
9.2.9.1 简介.....748
9.2.9.2 拓扑.....748
9.2.9.3 配置步骤.....749
9.2.9.4 命令验证.....751
9.3 PIM 配置.....753
9.3.1 简介.....753
9.3.1.1 PIM-SM 简介.....753
9.3.1.2 PIM-DM 简介.....756
9.3.1.3 PIM-SSM 简介.....757
9.3.2 配置 PIM-SM.....757
9.3.2.1 使能 PIM-SM.....757
9.3.2.2 配置 RP.....758
9.3.2.3 配置 BSR.....759
9.3.2.4 配置组播源注册.....760
9.3.2.5 配置禁止 SPT 切换.....761
9.3.3 配置 PIM-DM.....762
9.3.3.1 使能 PIM-DM.....762
9.3.3.2 配置 Hello 报文保持时间.....762
9.3.3.3 配置端口传播延时.....763
9.3.3.4 配置状态刷新时间.....764
9.3.4 使能 PIM-SSM.....764
9.3.5 显示与维护.....765

9.3.6 配置举例.....767
9.3.6.1 配置 PIM-SM 示例.....767
9.3.6.2 配置自举路由器示例.....775
9.3.6.3 配置 PIM-DM 示例.....779
9.4 IGMP Snooping 配置.....783
9.4.1 简介.....783
9.4.2 配置 IGMP Snooping 基本功能.....784
9.4.2.1 使能 IGMP Snooping.....784
9.4.2.2 配置 IGMP Snooping 版本.....785
9.4.3 配置 IGMP Snooping 组播路由端口.....785
9.4.3.1 配置动态组播路由端口老化时间.....786
9.4.3.2 配置静态成员端口.....786
9.4.3.3 配置静态组播路由端口.....787
9.4.3.4 配置 IGMP Snooping 快速离开功能.....787
9.4.4 配置 IGMP Snooping 查询参数.....788
9.4.4.1 配置 IGMP 查询与响应.....788
9.4.4.2 配置 IGMP 查询器.....789
9.4.4.3 配置查询器源 IP 地址.....790
9.4.4.4 配置 TCN 查询参数.....790
9.4.5 配置组播组控制规则.....791
9.4.5.1 配置组播组过滤.....791
9.4.5.2 配置丢弃未知组播流量.....791
9.4.5.3 配置报告报文抑制.....792
9.4.6 显示与维护.....793
9.4.7 配置举例.....794
9.4.7.1 配置启用 IGMP Snooping.....794
9.4.7.2 配置组播路由端口示例.....800

9.4.7.3 配置 IGMP Snooping 查询参数示例 801
9.4.7.4 配置 TCN 查询示例 804
9.4.7.5 配置静态组播组示例....805
10 VPN 配置指导 807
10.1 VRF 配置 807
10.1.1 简介 807
10.1.2 配置 VRF 807
10.1.2.1 创建 VRF 路由转发表....807
10.1.2.2 创建 RD 808
10.1.2.3 创建 Router ID 808
10.1.2.4 创建 RT....809
10.1.3 配置接口加入 VPN 转发实例....809
10.1.4 显示与维护....810
10.1.5 配置举例....811
10.1.5.1 配置步骤 811
10.1.5.2 命令验证 811
11 IP 业务配置指导 813
11.1 ARP 配置....813
11.1.1 简介 813
11.1.2 配置 ARP 814
11.1.2.1 添加静态 ARP 表项 814
11.1.2.2 配置发送 ARP 请求报文的时间间隔 814
11.1.2.3 配置动态 ARP 表项的老化时间 815
11.1.3 配置代理 ARP 815
11.1.3.1 配置普通代理 ARP 816
11.1.3.2 配置本地代理 ARP 817

11.1.4 显示与维护.....817
11.1.5 配置举例.....818
11.1.5.1 添加静态 ARP 表项示例.....818
11.1.5.2 配置代理 ARP 示例.....821
11.2 DHCP Client 配置.....830
11.2.1 简介.....830
11.2.2 开启 DHCP Client 功能.....830
11.2.2.1 配置接口启用 DHCP Client 功能.....830
11.2.2.2 配置管理口启用 DHCP Client 功能.....830
11.2.3 配置 DHCP Client 属性.....831
11.2.3.1 配置 DHCP Client 主机名.....831
11.2.3.2 配置接口使用的 DHCP Client ID.....831
11.2.3.3 配置 DHCP Class ID.....832
11.2.4 配置 DHCP Client 的期望租期.....833
11.2.5 配置 DHCP Client 请求的选项信息.....834
11.2.6 显示与维护.....835
11.2.7 配置举例.....836
11.2.7.1 配置步骤.....836
11.2.7.2 命令验证.....836
11.3 DHCP Relay 配置.....838
11.3.1 简介.....838
11.3.2 开启 DHCP 功能.....838
11.3.2.1 使能 DHCP 服务.....839
11.3.2.2 开启 DHCP Relay 服务.....839
11.3.3 创建 DHCP 服务器组.....839
11.3.3.1 全局配置 DHCP 服务器组.....840
11.3.3.2 接口配置 DHCP 服务器组.....840

11.3.4 配置接口启用 DHCP Relay Option 82 功能 840
11.3.5 显示与维护 841
11.3.6 配置举例 842
11.3.6.1 介绍 842
11.3.6.2 拓扑 842
11.3.6.3 配置步骤 842
11.3.6.4 命令验证 844
11.4 DHCP Server 配置 846
11.4.1 简介 846
11.4.2 开启 DHCP 功能 847
11.4.3 使能 DHCP Server 功能 847
11.4.3.1 全局使能 DHCP Server 功能 847
11.4.3.2 接口启用 DHCP Server 功能 848
11.4.4 配置 DHCP Server 的地址池 848
11.4.4.1 创建 DHCP 地址池 848
11.4.4.2 配置静态绑定 849
11.4.4.3 配置可分配的地址段 850
11.4.4.4 配置默认网关地址 851
11.4.4.5 配置 DHCP 客户端使用的域名 852
11.4.4.6 配置 DNS Server 的 IP 地址 853
11.4.4.7 配置 NetBIOS 节点类型 854
11.4.4.8 配置 TFTP 服务器地址及启动文件名 855
11.4.5 配置 IP 地址冲突检测 856
11.4.6 显示与维护 857
11.4.7 配置举例 858
11.4.7.1 拓扑 858
11.4.7.2 配置步骤 858

11.4.7.3 命令验证 862
11.5 DNS 配置 867
11.5.1 简介 867
11.5.2 配置 DNS 868
11.5.2.1 配置域名解析 868
11.5.3 显示与维护 869
11.5.4 配置举例 869
11.5.4.1 拓扑 869
11.5.4.2 配置步骤 869
11.5.4.3 命令验证 870
12 流量管理配置指导 871
12.1 QoS 配置 871
12.1.1 简介 871
12.1.2 术语解释 871
12.1.3 配置 Class Map 876
12.1.4 创建 Policy Map 876
12.1.5 配置基于接口的应用策略 877
12.1.5.1 应用 QoS 策略 877
12.1.5.2 配置策略表应用至接口 878
12.1.6 配置聚合策略 879
12.1.7 显示与维护 880
12.1.8 配置举例 881
12.1.8.1 配置出口队列 881
12.1.8.2 配置 Shaping 888
12.1.8.3 配置 QoS 流量策略 891
12.2 FEC 配置 899
12.2.1 简介 899

12.2.2 配置 FEC.....900
12.2.2.1 使能/关闭 FEC 功能.....900
12.2.2.2 去使能端口的 FEC 的功能.....901
13 IPv6 安全配置指导.....902
13.1 DHCPv6 Snooping 配置.....902
13.1.1 简介.....902
13.1.2 配置 DHCPv6 Snooping 基本功能.....902
13.1.2.1 全局启用 DHCPv6 Snooping.....902
13.1.2.2 配置 DHCPv6 Snooping 信任端口.....903
13.1.2.3 配置在 VLAN 上使能 DHCPv6 Snooping 特性.....903
13.1.3 显示与维护.....904
13.1.4 配置举例.....905
13.1.4.1 介绍.....905
13.1.4.2 拓扑.....905
13.1.4.3 配置步骤.....906
13.1.4.4 命令验证.....908
14 IPv6 路由配置指导.....910
14.1 IPv6 单播路由配置.....910
14.1.1 简介.....910
14.1.2 配置静态路由.....910
14.1.2.1 使能 IPv6 路由功能.....910
14.1.2.2 配置接口的 IPv6 地址.....911
14.1.2.3 创建 IPv6 静态路由.....912
14.1.2.4 配置 IPv6 静态路由条目数的最大值.....913
14.1.3 显示与维护.....913
14.1.4 配置举例.....914

14.1.4.1 介绍 914
14.1.4.2 拓扑 914
14.1.4.3 配置步骤 914
14.1.4.4 命令验证 917
14.2 RIPng 配置 920
14.2.1 简介 920
14.2.2 配置 RIPng 的基本功能 920
14.2.2.1 开启 RIPng 功能 920
14.2.2.2 配置接口使能 RIPng 功能 921
14.2.3 配置 RIPng 特性 921
14.2.3.1 配置接口附加度量值 921
14.2.3.2 配置接口偏移度量值 922
14.2.3.3 配置 RIPng 路由聚合 923
14.2.3.4 配置 RIPng 发布缺省路由 923
14.2.3.5 配置 RIPng 过滤接收/发布的路由 924
14.2.3.6 配置 RIPng 管理距离 924
14.2.3.7 配置路由重发布 925
14.2.4 优化 RIPng 网络性能 926
14.2.4.1 配置 RIPng 定时器 926
14.2.4.2 配置水平分割/毒性逆转 927
14.2.5 RIPng 显示与维护 927
14.2.6 配置举例 928
14.2.6.1 配置启用 RIPng 928
14.2.6.2 配置 Metric 参数 935
14.2.6.3 配置管理距离 939
14.2.6.4 配置路由重分布 941
14.2.6.5 配置水平分割参数 946

14.2.6.6 配置 RIPng 路由过滤列表.....949
14.3 OSPFv3 配置.....952
14.3.1 简介.....952
14.3.1.1 定义.....953
14.3.1.2 特性.....953
14.3.2 配置 OSPFv3 的基本功能.....954
14.3.2.1 创建 OSPFv3 进程.....954
14.3.2.2 创建路由器 ID.....954
14.3.2.3 配置接口使能 OSPFv3 功能.....955
14.3.3 配置 OSPFv3 的 Stub 区域.....956
14.3.4 配置 OSPFv3 路由信息控制.....957
14.3.4.1 配置 OSPFv3 路由聚合.....957
14.3.4.2 配置 OSPFv3 引入外部路由.....959
14.3.4.3 配置接口的开销值.....961
14.3.4.4 配置带宽参考值.....962
14.3.5 优化 OSPFv3 网络性能.....963
14.3.5.1 配置接口发送 LSA 报文的延迟时间.....963
14.3.5.2 配置 SPF 计算时间间隔.....963
14.3.5.3 配置 LSA 重传时间间隔.....964
14.3.5.4 配置端口 DR 的优先级.....965
14.3.5.5 配置忽略 DD 报文中的 MTU 检测.....966
14.3.6 OSPFv3 显示与维护.....966
14.3.7 OSPFv3 配置举例.....968
14.3.7.1 配置接口启用 OSPFv3.....968
14.3.7.2 配置 OSPFv3 优先级.....973
14.3.7.3 配置 OSPFv3 区域参数.....977
14.3.7.4 配置 OSPFv3 路由重分布示例.....990

14.3.7.5 配置 OSPFv3 接口的开销值.....1003
14.4 IPv6 地址前缀列表配置.....1014
14.4.1 简介.....1014
14.4.2 配置 IPv6 地址前缀列表.....1015
14.4.2.1 创建地址前缀列表.....1015
14.4.2.2 添加地址前缀列表描述.....1016
14.4.2.3 启用地址前缀列表序号.....1017
14.4.3 显示与维护.....1017
14.4.3.1 查看地址前缀列表信息.....1017
14.4.3.2 清除地址前缀列表信息.....1018
14.4.4 配置举例.....1018
14.4.4.1 配置 IPv6 Prefix-List 基本功能.....1018
14.4.4.2 配置 IPv6 Prefix-list 与 RIPng 的简单应用.....1019
14.5 Route-map 配置.....1021
14.5.1 简介.....1021
14.5.2 配置 Route-map.....1021
14.5.2.1 创建 Route-map.....1021
14.5.2.2 配置 match 语句.....1022
14.5.2.3 配置 set 动作.....1026
14.5.3 显示与维护.....1031
14.5.4 配置 Route-map 简单应用.....1031
14.5.4.1 配置步骤.....1031
14.5.4.2 命令验证.....1032
14.6 BGP4+配置.....1033
14.6.1 简介.....1033
14.6.2 配置 BGP 的基本功能.....1034
14.6.2.1 启动 BGP 进程.....1034

14.6.2.2 创建 BGP 路由器 ID 1035
14.6.2.3 配置 BGP 对等体 1035
14.6.2.4 创建对等体组 1036
14.6.2.5 配置重分布路由 1037
14.6.3 配置 RR 与 BGP 联盟 ID 1038
14.6.3.1 配置路由反射器 (RR) 1038
14.6.3.2 配置 BGP 联盟 ID 1039
14.6.4 配置 BGP 路由选路 1039
14.6.4.1 配置 BGP 的管理距离 1039
14.6.4.2 配置下一跳属性 1040
14.6.4.3 配置默认本地优先级 1041
14.6.4.4 配置 MED 属性 1042
14.6.4.5 配置 BGP 团体属性 1043
14.6.5 控制 BGP 路由的发送和接收 1044
14.6.5.1 配置 BGP 邻居路由的过滤 1044
14.6.5.2 配置基于 AS 路径的过滤 1045
14.6.5.3 配置基于前缀列表的过滤 1045
14.6.6 配置 BGP 定时器 1046
14.6.6.1 配置全局定时器 1046
14.6.6.2 配置邻居定时器 1047
14.6.7 配置 BGP 路由聚合 1048
14.6.8 配置向 BGP 邻居发送缺省路由 1049
14.6.9 显示与维护 1050
14.6.10 配置举例 1052
14.6.10.1 配置 EBGP 1052
14.6.10.2 配置 IBGP 1057
15 IPv6 业务配置指导 1063

15.1 NDP 配置 1063
15.1.1 简介 1063
15.1.2 配置 NDP 1063
15.1.2.1 配置静态邻居 1063
15.1.2.2 配置 IPv6 邻居发现参数 1064
15.1.3 显示与维护 1065
15.1.4 配置举例 1066
15.1.4.1 介绍 1066
15.1.4.2 拓扑 1066
15.1.4.3 配置步骤 1067
15.1.4.4 命令验证 1068
15.2 DHCPv6 Relay 配置 1068
15.2.1 简介 1068
15.2.2 配置 DHCPv6 Relay 1069
15.2.2.1 全局使能 DHCPv6 Relay 1069
15.2.2.2 配置 DHCPv6 服务器组 1069
15.2.3 显示与维护 1070
15.2.4 配置举例 1071
15.2.4.1 介绍 1071
15.2.4.2 拓扑 1071
15.2.4.3 配置步骤 1072
15.2.4.4 命令验证 1073
16 IPv6 组播配置指导 1076
16.1 IPv6 组播路由配置 1076
16.1.1 简介 1076
16.1.2 配置 IPv6 组播路由 1077
16.1.2.1 使能 IPv6 组播路由 1077

16.1.2.2 配置 IPv6 组播路由的最大数目.....1077
16.1.2.3 配置 IPv6 组播静态路由.....1077
16.1.3 显示与维护.....1078
16.1.4 配置举例.....1079
16.1.4.1 配置步骤.....1079
16.1.4.2 命令验证.....1079
16.2 MLD 配置.....1080
16.2.1 简介.....1080
16.2.1.1 MLD 版本.....1081
16.2.1.2 MLD 报文特性.....1081
16.2.1.3 参考协议.....1081
16.2.2 使能 MLD 功能.....1081
16.2.3 配置 MLD 基本功能.....1082
16.2.3.1 配置 MLD 版本.....1082
16.2.3.2 配置静态组播(源)组.....1083
16.2.3.3 配置过滤组播组.....1083
16.2.4 配置 MLD 接口参数.....1083
16.2.4.1 配置 MLD 查询与响应.....1083
16.2.4.2 配置组播组成员快速离开功能.....1084
16.2.5 配置 MLD SSM Mapping.....1085
16.2.5.1 使能 MLD SSM Mapping 功能.....1085
16.2.5.2 配置 MLD SSM Mapping 规则.....1085
16.2.6 配置加入 IPv6 组播组的最大数目.....1086
16.2.6.1 全局配置 IPv6 组播组的最大数目.....1086
16.2.6.2 接口上配置 IPv6 组播组的最大数目.....1086
16.2.7 配置 MLD 代理.....1086
16.2.8 显示与维护.....1087

16.2.9 配置举例.....1088
16.2.9.1 配置步骤.....1088
16.2.9.2 命令验证.....1090
16.3 PIMv6 配置.....1092
16.3.1 简介.....1092
16.3.1.1 PIMv6-SM 简介.....1092
16.3.1.2 PIMv6-DM 简介.....1095
16.3.1.3 PIMv6-SSM 简介.....1095
16.3.2 配置 PIMv6-SM.....1096
16.3.2.1 使能 PIMv6-SM.....1096
16.3.2.2 配置 RP.....1096
16.3.2.3 配置 BSR.....1097
16.3.2.4 配置 IPv6 组播源注册.....1098
16.3.2.5 配置禁止 SPT 切换.....1099
16.3.3 使能 PIMv6-DM.....1100
16.3.4 使能 PIMv6-SSM.....1101
16.3.5 显示与维护.....1101
16.3.6 配置举例.....1103
16.3.6.1 配置 PIMv6-SM 示例.....1103
16.3.6.2 配置自举路由器示例.....1111
16.3.6.3 配置 PIMv6-DM 示例.....1115
16.4 MLD Snooping 配置.....1119
16.4.1 简介.....1119
16.4.2 配置 MLD Snooping 基本功能.....1120
16.4.2.1 使能 MLD Snooping.....1120
16.4.2.2 配置 MLD Snooping 版本.....1121
16.4.3 配置 MLD Snooping 组播路由端口.....1121

16.4.3.1 配置动态 IPv6 组播路由端口老化时间 1121
16.4.3.2 配置静态成员端口 1122
16.4.3.3 配置静态组播路由端口 1122
16.4.3.4 配置 MLD Snooping 快速离开功能 1123
16.4.4 配置 MLD Snooping 查询参数 1123
16.4.4.1 配置 MLD 查询与响应 1124
16.4.4.2 配置 MLD 查询器 1124
16.4.4.3 配置查询器源 IPv6 地址 1125
16.4.4.4 配置 TCN 查询参数 1126
16.4.5 配置 IPv6 组播组控制规则 1126
16.4.5.1 配置 IPv6 组播组过滤 1126
16.4.5.2 配置丢弃未知 IPv6 组播流量 1127
16.4.5.3 配置报告报文抑制 1127
16.4.6 显示与维护 1128
16.4.7 配置举例 1129
16.4.7.1 配置启用 MLD Snooping 示例 1129
16.4.7.2 配置 MLD Snooping 快速离开示例 1130
16.4.7.3 配置 MLD Snooping 组播路由端口示例 1132
16.4.7.4 配置 MLD Snooping 查询参数示例 1133
16.4.7.5 配置 TCN 查询示例 1135
16.4.7.6 配置静态组播组示例 1137
17 RPC API 配置指导 1138
17.1 RPC API 配置 1138
17.1.1 简介 1138
17.1.2 配置 RPC API 服务 1138
17.1.2.1 启动 RPC API 服务 1138
17.1.2.2 关闭 RPC API 服务 1138

17.1.3 配置 RPC API 服务的 HTTP 基本认证.....1139
17.1.3.1 启动 RPC API 服务的 HTTP 基本认证.....1139
17.1.3.2 关闭 RPC API 服务的 HTTP 基本认证.....1139
17.1.4 显示与维护.....1139
17.1.5 配置举例.....1140
17.1.5.1 配置 RPC API 服务.....1140
17.1.5.2 配置 RPC API 服务的 HTTP 认证.....1140
17.2 RPC API 规范.....1142
17.2.1 概述.....1142
17.2.1.1 JSON-RPC Request.....1142
17.2.1.2 JSON-RPC Response.....1143
17.2.2 Python Client 代码示例.....1145
17.2.3 JSON-RPC 错误码.....1147
17.2.4 RPC-API 错误码.....1147

1 登录设备配置指导

1.1 CLI

1.1.1 命令行接口

命令行接口（Command Line Interface，简称CLI）为用户提供了可视化的交互界面，通过CLI界面的提示，用户可以在终端窗口输入特定的命令，查看输出的信息和配置结果。

1.1.2 命令模式

1.1.2.1 命令模式简介

设备提供了丰富的功能，不同的命令模式可以配置和查询不同的命令。根据功能对命令进行分类，当用户需要配置某个功能的某条命令时，需要先进入对应的命令模式。用户第一次登录设备时，会直接进入特权模式。在特权模式下（Switch#），用户可以通过**show**命令查看已配置的信息，以及其他未保存在设备中的命令。

设备支持多种方式登录设备，成功登录后可进入命令行接口界面，例如：

- Console口
- Telnet
- SSH

一般来说，不同的命令模式下可以配置的命令是有限的，但对于一些常用的命令可以在所有配置模式下使用，例如**end**、**exit**、**quit**等。

说明

当用户不清楚某命令模式可以支持的命令时，可以键入“？”获取想要了解的信息。更多详细信息可参照“1.1.3命令行在线帮助”。

1.1.2.2 全局配置模式

全局配置模式为用户提供多种命令的访问，该模式可以体现设备整体的特性或功能。用户可以在全局配置模式下输入特定的命令，对设备进行全局配置。也可以通过全局配置模式进入其他模式配置特定的元素，如接口或协议等。

表 1-1 全局配置模式

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	该命令在特权模式下执行

1.1.2.3 接口配置模式

全局配置模式下，可以进入接口配置模式。

表 1-2 接口配置模式

命令	操作	说明
interface *interface-number*	进入接口配置模式	该命令在全局配置模式下执行

1.1.2.4 返回上一级命令模式

当前模式下的功能配置完成，使用 **exit** 或 **quit** 可以退出当前模式返回到上一级模式。例如，全局配置模式下执行 **exit** 或 **quit** 命令，可以退出至特权模式。

表 1-3 返回上一级命令模式

命令	操作	说明
exit	从当前模式返回上一级命令模式	该命令可在任意模式下执行
quit	从当前模式返回上一级命令模式	该命令可在任意模式下执行

1.1.2.5 返回特权模式

本命令为用户提供了一种从任意模式（非特权模式）返回到特权模式的快捷方式，而不需要多次执行 **exit/quit**命令逐级返回。用户也可以直接使用组合键<Ctrl+Z>从当前模式返回特权模式。

表 1-4 返回特权模式

命令	操作	说明
end	返回特权模式	该命令可在任意的非特权模式下执行

1.1.3 命令行在线帮助

在输入命令时，用户可以在任意位置输入“？”以获得详尽的在线帮助。下面给出常见的在线帮助应用场景，供参考使用。

(1) 在任意模式下，输入“？”即可获取该模式下可以使用的所有命令及其说明。例如：

```
Switch# ?

Exec commands:

 boot       Specify boot parameter

 cd         System command cd

 clear      Reset functions

 configure  Enter configuration mode

 copy       Copy

 debug      Debugging functions

 delete     System command delete

 dir        System command ls

 disable    Turn off privileged mode command

 dot1x      IEEE 802.1X Port-Based Access Control

 enable     Turn on privileged mode command

 ethernet   Ethernet Configuration Commands

 exit       from the EXEC

 ftp        Use FTP to transfer file

 generate

 help       Description of the interactive help system

 l2         Layer 2 ping
```

```
logging    Specify logging parameter
logout     Exit from the EXEC
ls         System command ls
mkdir      System command mkdir
--More--
```

(2) 输入部分命令形式，使用空格分隔，再输入“？”。例如：

a.

```
Switch (config)# ftp password ?
 8    Specifies a hidden password will follow
 LINE  Password string
```

b.

```
Switch # dir ?
 flash:  Directory name or file name
 udisk:  Directory name or file name
 <cr>
```

此处的“<cr>”表示当前命令行是完整的，输入回车即可运行该命令。

(3) 输入命令的不完整关键字，其后紧接“？”，不需要空格，即可显示以该字符串开头的所有命令关键字及其帮助信息。例如：

```
Switch(config)# f?
fan          Fan speed configuration
flow         IPFIX flow information
flow-policer  Specify the number of flow policer resource
format       Format a filesystem
ftp          Specify FTP parameters
ftpd         FTP server
```

1.1.4 命令模式总结

主要的命令模式和功能特性如下表所示：

表 1-5 命令模式总结

命令模式	提示符	进入命令	退出命令
特权模式	Switch#	与设备建立连接时即可进入该模式	**exit/quit** 可以退出登录，需要重新输入用户名/密码
全局配置模式	Switch(config)#	特权模式下键入 **configure terminal** 命令	**exit/quit** 返回特权模式
接口配置模式	Switch(config-if)#	全局配置模式下键入 **interface** *if-name* 命令	**exit/quit** 返回全局配置模式

1.1.5 命令行输入

1.1.5.1 特殊字符

表1-6列出了具有特殊意义的字符。

表 1-6 特殊字符

字符	说明
%	百分比
#	井号或数字
…	省略号
|	竖线
< >	小于或大于
[ ]	方括号
{ }	花括号

1.1.5.2 快捷键

表 1-7 列出了命令行的快捷键及功能。

表 1-7 快捷键

快捷键	功能
<Ctrl+A>	将光标移动至行首
<Ctrl+B>	将光标向左移动一个字符。当输入的命令超过一行时，可以反复按左键或<Ctrl+B>键
<Ctrl+C>	取消命令并返回到命令提示符

快捷键	功能
<Ctrl+D>	删除当前光标所在位置的字符
<Ctrl+E>	将光标移动到当前行的末尾
<Ctrl+F>	将光标向右移动一个字符
<Ctrl+H>	删除光标左侧的一个字符
<Ctrl+L>	重新显示当前的命令行
<Ctrl+N>	显示历史缓冲区中的下一条命令
<Ctrl+O>	清除终端屏幕
<Ctrl+P>	显示历史缓冲区中的上一条命令
<Ctrl+R>	重新显示当前行信息
<Ctrl+U>	删除从命令行开头至光标位置的所有字符
<Ctrl+W>	删除光标左侧连续字符串内的所有字符
<Ctrl+Z>	退回到特权模式
<Esc+B>	将光标移动到左侧连续字符串的首字符处
<Esc+D>	删除光标所在位置及其右侧连续字符串内的所有字符
上光标键<↑>	显示上一条历史命令
下光标键<↓>	显示下一条历史命令
左光标键<←>	光标向左移动一个字符位置
右光标键<→>	光标向右移动一个字符位置
?	显示可用命令的列表

快捷键	功能
<Tab>	输入不完整的关键字后按下<Tab>键，系统自动补全关键字： • 如果与之匹配的关键字唯一，则系统用此完整的关键字替代原输入并换行显示 • 如果与之匹配的关键字不唯一，则多次按<Tab>键，系统会循环显示所有以输入字符串开头的关键字 • 如果没有与之匹配的关键字，系统会不作任何修改，重新换行显示原输入

1.1.5.3 命令行的缩略形式

用户可以通过输入命令的前几个字符来缩略命令和关键词。使用的缩写必须包括足够的字符，能够与其他命令或关键词区别区分开来。如果在输入命令时遇到困难，请查看系统提示，并输入问号（?）以获得可用的命令列表。可以按<Tab>键由系统自动补全关键字的全部字符，确认是否为所需的关键字。

表1-8列出了命令行缩写形式的实例。

表 1-8 命令行缩写形式

命令	缩写形式
configure terminal	conf t
show vrrp	sh vr
interface eth-0-1	int eth-0-1
show version	sh ve

1.1.6 命令的 no 形式

很多配置命令都有对应的 no 形式，命令的 no 形式一般可以用来恢复缺省情况、关闭某个功能或者删除某项设置。例如：

- 恢复缺省情况

添加接口到 VLAN 11 中：

```
Switch(config-if)# switchport access vlan 11
Switch(config-if)#
```

恢复接口到默认的 VLAN 1 中：

```
Switch(config-if)# no switchport access vlan
Switch(config-if)#
```

- 关闭某个功能

在端口上启用 VOICE VLAN 功能：

```
Switch(config-if)# voice vlan enable
Switch(config-if)#
```

关闭在端口上的 VOICE VLAN 功能：

```
Switch(config-if)# no voice vlan enable
Switch(config-if)#
```

- 删除某项设置

添加规则 1 至 VLAN 分类规则组 1：

```
Switch(config)# vlan classifier group 1 add rule 1
Switch(config)#
```

删除 VLAN 分类规则组 1：

```
Switch(config)# no vlan classifier group 1
Switch(config)#
```

1.1.7 命令行错误提示信息

命令行输入完毕后，键入Enter运行该命令，如输入的命令行形式正确，则不会弹出错误提示，命令执行成功；如果输入的命令行有误，则会根据错误的类型弹出不同的错误信息，常见的错误信息如表1-9所示。

表 1-9 命令行常见错误信息表

英文错误信息	错误原因
% Unrecognized command found at '^' position.	命令无法解析，符号“^”指示位置出错
% Incomplete command found at '^' position.	符号“^”指示位置的参数输入不完整
% Ambiguous command found at '^' position.	符号“^”指示位置的关键字不明确，存在二义性

英文错误信息	错误原因
% Too many parameters.	输入过多参数
% Wrong parameter found at '^' position.	在符号“^”指示位置的参数错误

1.1.8 便捷地查看显示信息

1.1.8.1 分屏显示

1.控制分屏显示

当显示信息较多并超过一屏时，系统会将信息分屏显示，并在屏间显示“--More--”信息，表示这一屏信息已经显示完毕，自动暂停，方便查看显示信息。这时用户可以使用下表所示的按键来选择下一步操作。

表 1-10 分屏显示功能表

按键	功能
空格键	继续显示下一屏信息
回车键	继续显示下一行信息
<Ctrl+C>	停止显示，退回到命令行编辑状态

特权模式下，也可以使用命令 **terminal length screen-length**用来设置用户终端屏幕的显示行数。screen-length的取值范围为0~512，“0”表示不限制屏幕显示行数。

2.关闭分屏显示功能

可以通过以下配置关闭当前登录用户的分屏显示功能。分屏显示功能处于关闭状态时，会一次显示所有信息，如果信息较多，则会连续刷屏，不方便查看。

表 1-11 关闭分屏显示

命令	操作	说明
terminal no length	关闭当前用户的分屏	缺省情况下，系统默认不设置用户终端屏幕的显示行数。 重新登录后将恢复到缺省情况

1.1.9 查看历史命令

特权模式下，使用 **show history** 命令可以访问当前用户会话的命令历史，例如：

```
Switch# show history
  1 terminal length 40
  2 ter length 40

  3 terminal no length
  4 show history
  5 clear
```

设备保存历史命令时，遵循以下原则：

- 如果用户输入的命令为不完整形式，设备保存的历史命令也是不完整形式。例如，历史命令中的第二条“**ter length 40**”。

- 如果用户连续多次执行重复的命令，输入**show history**命令后，终端屏幕只显示一条命令。例如，连续多次执行 **terminal length 40** 命令，设备只保存一条历史命令。但如果输入的命令本质为一条命令，但输入的形式不同（完整的命令与其缩写形式），设备会保存这两种形式的命令。例如，分别执行 **terminal length 40** 命令和它的不完整形式 **ter length 40**，设备将保存为两条历史命令。

1.2 登录设备方式介绍

设备支持 CLI（Console 口、管理口、Telnet、SSH）和 Simple Network Management Protocol（SNMP，简单网络管理协议）登录方式：

- 通过CLI 登录设备后，可以直接输入命令行，来配置和管理设备。CLI 方式下又根据使用的登录接口以及登录协议不同，分为：通过Console 口、Telnet、SSH 登录方式。
- 通过 SNMP 登录设备后，网络管理员可以利用 SNMP 平台在网络上的节点检索信息、修改信息、发现故障、完成故障诊断、进行容量规划和生成报告。

表 1-12 登录方式介绍

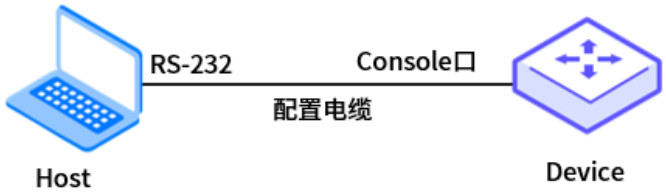
登录方式	简单描述
配置通过 Console 口本地登录设备	将交换机串口与PC或其他终端的串口相连，且PC或终端的串口配置与交换机串口默认配置一致
配置通过管理口登录设备	通过配置交换机管理口IPv4/IPv6地址登录设备

登录方式	简单描述
配置通过Telnet登录设备（具体可见“基础配置指导”的Telnet配置）	主要从以下四个方面介绍Telnet配置： • 开启设备的 Telnet 功能； • 通过带内口Telnet到其他交换机； • 通过管理口Telnet到其他交换机； • 交换机本身即是一个Telnet服务器
配置通过SSH登录设备（具体可见“基础配置指导”的SSH配置）	主要从以下三个方面介绍SSH配置： • 创建一个SSH key并进入相关配置模式； • 创建SSH 密钥、导入密钥； • 显示相关配置
配置通过SNMP登录设备	主要从以下五个方面介绍SNMP配置： • 启用SNMP服务 • 配置团体字符串 • 配置SNMPV3组 • 配置SNMPV1 / SNMPV2通告 • 配置SNMPV3通告

1.3 通过 Console 口登录设备

用户可以通过管理端口管理交换机。交换机有两类管理端口：以太网口和串口。通过串口登录设备是最基本的登录方式之一。Console口是一个异步串行端口，连接到这个端口的设备必须能够进行异步传输，如下图所示。

图 1-1 将设备与 PC 通过配置口电缆进行连接



1.3.1 Console 口初始配置

1.3.1.1 配置方法

缺省情况下，交换机的默认串口配置如下：

- 波特率为115200
- 数据位为8
- 停止位为1
- 无奇偶校验
- 无流量控制

在配置交换机之前，请先确认已经将交换机串口与 PC 或其他终端的串口相连，且 PC 或终端的串口配置与上述交换机串口默认配置一致。当登录到交换机上后，可以修改串口配置参数。

表 1-13 配置串口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# line console 0	进入串口配置模式	-
Switch(config-line)# speed 19200	设置串口波特率	-



说明

完成上述配置后，串口参数已经被修改，此时 PC 或终端无法再通过串口配置交换机。必须修改 PC 或终端的串口属性，将波特率从 115200 修改为 19200，才能够重新连上交换机进行配置。

1.3.2 串口配置模式下的应用

1.3.2.1 配置无活动的超时时间

表 1-14 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# line vty 0	进入串口配置模式	-
Switch(config-line)# exec-timeout 3200	设置用户无活动的超时时间	该配置在重新登录后生效

1.3.2.2 串口登录认证配置

表 1-15 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# line console 0	进入串口配置模式	-
Switch(config-line)# login local	配置串口登录本地认证	需要配置本地认证用户

1.4 通过管理口登录交换机

为了通过带外管理端口配置交换机，必须先通过串口为带外管理端口配置管理IP地址。

1.4.1 配置管理口

1.4.1.1 配置管理口 IPv4 地址

表 1-16 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch# no management ip address dhcp	关闭管理口 dhcp 地址	
Switch(config)# management ip address 192.168.100.100/24	配置交换机管理口 IPv4 地址	-
Switch(config)# management route add gateway 192.168.100.1	配置交换机管理口 IPv4 网关	
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

1.4.1.2 配置管理口 IPv6 地址

表 1-17 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# management ipv6 address 2001:1000::1000/96	配置交换机管理口 IPv6 地址	-
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

1.4.1.3 查看管理口 IPv4/IPv6 地址

表 1-18 验证管理口IPv4/IPv6地址

命令	操作	说明
show management ip address	验证设置的管理口 IPv4 地址	-
show management ipv6 address	验证设置的管理口 IPv6 地址	-

完成上述配置后，可在命令行中输入“**show management ip address**” 或“**show management ipv6 address**”来查看配置的管理口 IP 地址。也可以通过 PC 执行 **ping** *ip-address* 指令来验证该 IP 地址。

显示交换机管理口 IPv4/IPv6 地址：

```
Switch# show management ip address
 Management IP address is:  192.168.100.100/24
```

```
 Gateway: 192.168.100.254

Switch# show management ipv6 address

 Management IPv6 address is:  2001:1000::1000/96

 Gateway: 2001:1000::1

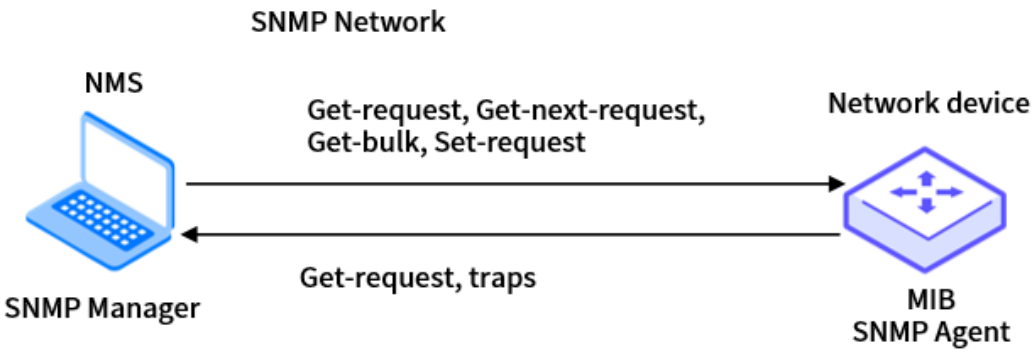
Switch#
```

1.5 通过 SNMP 登录配置

1.5.1 SNMP 简介

SNMP是管理进程（NMS）和代理进程（Agent）之间的通信协议。它规定了在网络环境中对设备进行监视和管理的标准化管理框架、通信的公共语言、相应的安全和访问控制机制。网络管理员使用SNMP功能可以查询设备信息、修改设备的参数值、监控设备状态、自动发现网络故障、生成报告等。

图 1-2 通过 SNMP 登录设备组网图



SNMP 具有以下技术优点：

- 基于TCP/IP互联网的标准协议，传输层协议一般采用UDP。

- 自动化网络管理。网络管理员可以利用SNMP 平台在网络上的节点检索信息、修改信息、发现故障、完成故障诊断、进行容量规划和生成报告。
- 屏蔽不同设备的物理差异，实现对不同厂商产品的自动化管理。SNMP 只提供最基本的功能集，使得管理任务与被管设备的物理特性和实际网络类型相对独立，从而实现对不同厂商设备的管理。
- 简单的请求—应答方式和主动通告方式相结合，并有超时和重传机制。
- 报文种类少，报文格式简单，方便解析，易于实现。
- SNMPv3 版本提供了认证和加密安全机制，以及基于用户和视图的访问控制功能，增强了安全性。

1.5.2 SNMP 参考

SNMP基于以下RFC：

SNMPv1：在RFC1157中定义

SNMPv2C：在RFC1901中定义

SNMPv3：在RFC2273至2275中定义

1.5.3 术语解释

以下简单描述了 SNMP 协议的条目和概念。

Agent: Agent 是网络设备中的一个应用模块，用于维护被管理设备的信息数据并响应 NMS 的请求，把管理数据汇报给发送请求的 NMS。Agent 接收到 NMS 的请求信息后，完成查询或修改操作，并把操作结果发送给 NMS，完成响应。同时，当设备发生故障或者其他事件时，Agent 会主动发送 Trap 信息给 NMS，通知设备当前的状态变化。

Management Information Base (MIB): 任何一个被管理的资源都表示为一个对象，称为被管理的对象。MIB 是被管理对象的集合。它定义了被管理对象的一系列属性：对象的名

称、对象的访问权限和对象的数据类型等。每个 Agent 都有自己的 MIB。MIB 也可以看作是 NMS 和 Agent 之间的一个接口，通过这个接口，NMS 可以对 Agent 中的每一个被管理对象进行读/写操作，从而达到管理和监控设备的目的。

Engine ID: 缺省情况下，Engine ID 是由企业编号和默认的 MAC 地址组成的。对于管理域来说，Engine ID 在一个网络节点中具有唯一性，即每个设备都有一个专属 Engine ID。当 Engine ID 发生变化时，所有配置的用户和组也会被清除。

Trap: Trap 是 Agent 主动向 NMS 发送的信息，用于报告一些紧急的重要事件（如被管理设备重新启动等）。Trap 报文有两种：通用 Trap 和企业自定义 Trap。设备支持的通用 Trap 包括 authentication、coldstart、linkdown、linkup 和 warmstart 五种，其它均为企业自定义 Trap。企业自定义 Trap 由模块生成。因为 Trap 信息通常较多，会占用设备内存，从而影响设备性能，所以建议用户根据需要开启指定模块的 Trap 功能，生成相应的 Trap 报文。

1.5.4 启用 SNMP 服务

1.5.4.1 配置步骤

在全局配置模式下，启用 SNMP 服务。

表 1-19 开启 SNMP 服务

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# snmp-server enable	启用 SNMP 服务	缺省情况下，SNMP 功能默认为关闭状态
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

1.5.4.2 命令验证

表 1-20 查看当前所有配置

命令	操作	说明
show running-config	显示当前所有配置	-

显示当前所有配置：

```
Switch# show running-config
snmp-server enable
```

1.5.5 团体字符串配置

您可以使用 SNMP 团体字符串来定义 SNMP 管理者和代理之间的关系。团体字符串的功能类似于一串密码，允许用户访问代理交换机。您可以指定一个或多个团体字符。

- 一个MIB视图，它定义了所有给定团体可访问的MIB对象子集。
- 设置访问的MIB对象的读、写权限。

在特权模式下，按照下列步骤来配置交换机上的一个团体字符串，以下步骤配置完成后，就可以实现 SNMP 的基本读写功能。

1.5.5.1 配置步骤

表 1-21 配置团体字符串

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# snmp-server view DUT included 1	（可选）配置一个视图名字 “DUT”	-
Switch(config)# snmp-server community public read-write view DUT	配置团体名字 “public” 读写权限，可访问的视图为 “DUT” .括号内为可选字段	缺省情况下，未设置团体名
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

1.5.5.2 命令验证

查看当前配置：

```
Switch# show running-config | include snmp

snmp-server enable

snmp-server view DUT included .1

snmp-server community public read-write view DUT
```

1.5.6 SNMPV3 组配置

您可以为 SNMP 服务器指定一个 (Engine ID)，创建一个 SNMP 组，在 SNMP 组中加入成员并设置权限。

在特权 EXEC 模式下，开始按照下列步骤操作，在交换机上配置 SNMP。

1.5.6.1 配置步骤

表 1-22 配置 SNMPV3 组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch (config)# snmp-server engineID 8000123456	（可选）配置 Engine ID	缺省情况下，engineID 存在默认值。字符串长度范围<10-64>且长度必须为偶数，字符必须为十六进制数字，即 0-9，A-F 和 a-f
Switch(config)# snmp-server usm-user usr1 authentication md5 mypassword privacy des yourpassword	配置用户名和密码以及验证类型	要使配置的用户生效，必须要指定远程代理设备的 IP 地址或端口号
Switch(config)# snmp-server group grp1 user usr1 security-model usm	创建 SNMP 组	-
Switch(config)# snmp-server access grp1 security-model usm noauth	设置组内成员的权限	-
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

1.5.6.2 命令验证

查看当前配置：

```
Switch# show running-config
snmp-server engineID 8000123456
snmp-server usm-user usr1 authentication md5 mypassword privacy des yourpassword
snmp-server group grp1 user usr1 security-model usm
snmp-server access grp1 security-model usm noauth
```

1.5.7 SNMPV1/SNMPV2 通告配置

1.5.7.1 配置步骤

表 1-23 配置SNMPV1/SNMPV2通告

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# snmp-server trap enable all	开启所有 Trap	缺省情况下，默认关闭此功能
Switch(config)# snmp-server trap target-address 10.0.0.2 community public	配置目的 IPv4 地址以及团体名 Public	缺省情况下，默认无此配置

命令举例	操作	说明
Switch(config)# snmp-server trap target-address 2001:1000::1 community public	配置目的 IPv6 地址以及团体名 Public	缺省情况下，默认无此配置
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

1.5.7.2 命令验证

显示当前配置：

```
Switch# show running-config
snmp-server trap target-address 10.0.0.2 community public
snmp-server trap target-address 2001:1000::1 community public
snmp-server trap enable vrrp
snmp-server trap enable igmp snooping
snmp-server trap enable ospf
snmp-server trap enable pim
snmp-server trap enable stp
snmp-server trap enable system
snmp-server trap enable coldstart
snmp-server trap enable warmstart
snmp-server trap enable linkdown
```

```
snmp-server trap enable linkup
```

1.5.8 SNMPV3 通告配置

1.5.8.1 配置步骤

表 1-24 配置SNMPV3通告

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# snmp-server trap enable all	开启所有 Trap	缺省情况下，默认关闭此功能
Switch(config)# snmp-server notify notif1 tag tmptag trap	创建一个 Trap 消息条目	缺省情况下，默认无此配置
Switch(config)# snmp-server target-address targ1 param parm1 10.0.0.2 taglist tmptag	配置目的 IPv4 地址	-
Switch(config)# snmp-server target-address t1 param p1 2001:1000::1 taglist tag1	配置目的 IPv6 地址	-
Switch(config)# snmp-server target-params parm1 user usr1 security-model v3 message-processing v3 noauth	加入一个用户到 SNMP 组内	-
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

1.5.8.2 命令验证

查看当前配置：

```
Switch# show running-config
snmp-server notify notif1 tag tmptag trap
snmp-server target-address t1 param p1  2001:1000::1 taglist tag1
snmp-server target-address targ1 param parm1  10.0.0.2 taglist tmptag
snmp-server target-params parm1 user usr1 security-model v3 message-processing v3 noauth
snmp-server trap enable vrrp
snmp-server trap enable igmp snooping
snmp-server trap enable ospf
snmp-server trap enable pim
snmp-server trap enable stp
snmp-server trap enable system
snmp-server trap enable coldstart
snmp-server trap enable warmstart
snmp-server trap enable linkdown
snmp-server trap enable linkup
```

1.5.9 SNMP 通告指定源 IP 或源接口配置

1.5.9.1 配置步骤

表 1-25 配置 SNMP 通告源 IP 或源接口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# int loopback 0	配置接口	-
Switch(config)# ip address 2.2.2.2/32	配置 ip 地址	-
Switch(config)# snmp-server trap source-interface loopback 0	指定 Trap 的源接口，以该接口的 ip 地址为源地址发送	缺省情况下，默认源地址为直连口 ip 地址

表 1-26 配置 SNMP 通告源 IP 或源接口绑定了 vrf 的情况

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# int loopback 0	配置接口	-
Switch(config)# ip vrf forwarding vrf1	绑定 vrf1	-
Switch(config)# ip address 2.2.2.2/32	配置 ip 地址	-
Switch(config)# snmp-server trap target-address vrf vrf1 10.0.0.2 community public	配置目的 IPv4 地址以及团体名 Public	缺省情况下，默认无此配置

命令举例	操作	说明
Switch(config)# snmp-server trap source-interface loopback 0	指定 Trap 的源接口，以该接口的 ip 地址为源地址发送	直连口（eg: eth-0-5）也要绑定 vrf1

1.5.9.2 命令验证

查看当前配置：

```
Switch# show running-config
interface eth-0-5
no switchport
ip vrf forwarding vrf1
ip address 10.0.0.1/16
!
interface loopback 0
ip vrf forwarding vrf1
ip address 2.2.2.2/32
!
snmp-server trap target-address vrf vrf1 10.0.0.2 community public
snmp-server trap source-interface loopback0
```

1.6 对登录用户的控制

通过引用访问控制列表（Access Control List，ACL），可以对访问设备的用户进行控制。主要应用于实现流识别、访问控制功能。

1.6.1 配置对 Telnet/SSH 用户的控制

1.6.1.1 配置准备

ACL 通过一系列的匹配条件对数据包进行分类，这些条件可以是数据包的源地址、目的地址、端口号等。

1.6.1.2 配置对 Telnet/SSH 用户的控制

表 1-27 配置对Telnet用户的控制

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
telnet server acl *name*	过滤 Telnet client IP	缺省情况下，不过滤任何 Telnet client IP

表 1-28 配置对SSH用户的控制

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ssh server acl *name*	过滤 SSH client IP	缺省情况下，不过滤任何 SSH client IP

1.6.1.3 配置举例

1. 组网需求

通过源IP对Telnet 进行控制，仅允许源IP地址为1.1.1.1的tcp帧通过，拒绝其他报文通过。

2. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list a1	创建并进入 IPv4 ACL 配置模式
Switch(config-ip-acl)# 10 permit tcp host 1.1.1.1 any	添加条目，设置允许源 IP 地址为 1.1.1.1 的 tcp 帧通过
Switch(config-ip-acl)# deny any any any	添加条目，设置拒绝任何帧通过
Switch(config-ip-acl)# exit	退出 ACL 配置模式
Switch(config)# class-map match-any c1	创建分类映射表 c1，并进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group a1	将 acl 加入 c1
Switch(config-cmap)# exit	退出分类映射表配置模式
Switch(config)# policy-map p1	创建策略表 p1，并进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class c1	将流分类映射表 c1 加入策略映射表 p1，并且进入策略表中的分类映射表配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-pmap-c)# exit	退出策略表的分类映射表配置模式
Switch(config)# telnet server acl p1	telnet 绑定 acl

3. 配置说明

telnet server acl 和 ssh server acl 只针对业务口生效。

1.6.2 配置对 NMS 的控制

1.6.2.1 配置准备

确定对 NMS 的控制策略，包括数据包的源地址、目的地址、端口号等。

1.6.2.2 配置对 NMS 的控制

表 1-29 SNMP配置对NMS的控制

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
snmp-server access-group *name* **in**	在 SNMP 模块中应用 ACL 功能	缺省情况下，关闭 ACL 过滤访问控制功能

1.6.2.3 配置举例

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# snmp-server enable	启用 SNMP 服务	缺省情况下，SNMP 功能默认为关闭状态
Switch(config)# snmp-server community newstring read-write	创建一个名为 newstring 的团体，该团体对 MIB 有读写权限	缺省情况下，未配置 SNMP 团体名
Switch(config)# snmp-server access manage security-model usm auth write _all_ read _all_	配置访问安全控制属性	缺省情况下，未配置访问控制
Switch(config)# snmp-server access-group abc in	在 SNMP 模块中应用 ACL 功能	缺省情况下，关闭 ACL 过滤访问控制功能

1.6.3 AAA 认证与授权功能

1.6.3.1 配置步骤

系统可以使用AAA认证的方法，验证访问网络和网络服务的用户。AAA认证方法有很多，如Tacacs+等认证方法可供用户选择。用户登录设备后，成功启用AAA认证方式，可设置鉴权方式和授权功能，如此便限制了命令行的使用，用户只能执行授权后的命令。具体配置的步骤可参考下表。

表 1-30 AAA认证与授权功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
aaa new-model	启用 AAA 协议	使能 AAA 访问控制模块
aaa authentication login { **default** | *list-name* } { **enable** | **line** | **none** | **local** | **tacacs-plus** }	设置 AAA 验证的模式	list-name 为鉴权方式链表名
aaa authorization exec { **default** | *list-name* } { **none** | **local** | **tacacs-plus** }	设置 AAA 授权模式	list-name 为鉴权方式链表名

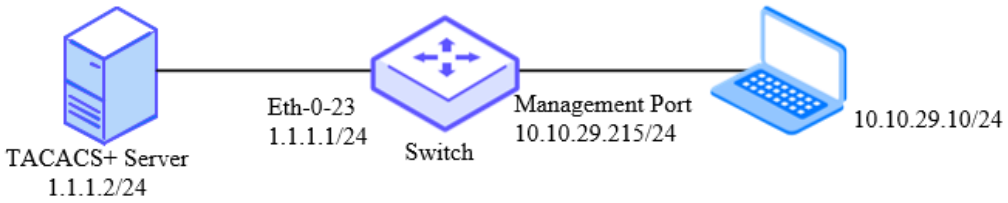
1.6.3.2 配置举例

1. 介绍

下图是TACACS+的网络拓扑。一台PC机作为 TACACS+服务器，配置网卡1.1.1.2/24。设置Switch的eth-0-23接口的IP地址为1.1.1.1/24。配置交换机的管理口IP地址为10.10.29.215，连接交换机管理口（仅限带内管理口）的PC机IP地址为10.10.29.10。

2. 组网图

图 1-3 命令行授权配置组网图



3. 配置TACACS+服务器

步骤 1 下载 TACACS+服务器代码， DEVEL.201105261843.tar.bz2。

步骤 2 编译 TACACS+服务器代码。

步骤 3 修改配置文件，增加用户名和密码。

```
#!../obj.linux-2.6.9-89.29.1.elsmp-x86_64/tac_plus
id = spawnd {
    listen = { port = 49 }
    spawn = {
        instances min = 1
        instances max = 10
    }
    background = no
}
    user = aaa {
```

password = clear bbb

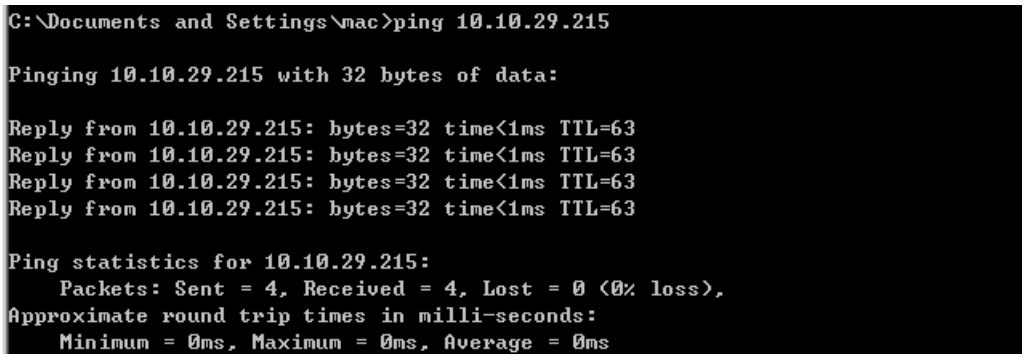
member = guest

}

步骤 4 运行 TACACS+服务器程序。

[disciple: ~]$ ./tac_plus ./tac_plus.cfg.in -d 1

步骤 5 使用 Ping 命令检查连通结果。



1.6.3.3 命令验证

使用 **show aaa status** 命令检查配置：

Switch# show aaa status

aaa stats:

Authentication enable

使用 **show aaa method-lists authentication** 命令检查 AAA 配置：

Switch# show aaa method-lists authentication

```
authen queue=AAA_ML_AUTHEN_LOGIN

  Name = default  state = ALIVE :  local

Name = tac-login  state = ALIVE :  tacacs-plus local
```

2 基础配置指导

2.1 系统管理配置

2.1.1 MOTD 简介

每日提示（Message-of-the-Day，MOTD）信息和登录提示信息都是可配置的，可以显示给所有登录到系统的用户。如果某用户出现了不当操作可能影响到网上所有的用户，给该用户发送提示信息是非常有必要的，比如注销系统。登录提示信息会在终端用户登录到系统时显示。

2.1.2 配置提示消息

用户可以创建一个或多个提示信息，还可以配置登录 Banner、退出 Banner 以及显示当前配置。

2.1.2.1 配置每日提示消息

用户创建的提示信息会显示在已登录用户的终端上，可以通过以下步骤配置此功能。

表 2-1 配置消息 Banner

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# banner motd c message c	创建每日提示信息	指定相应的字符串，最多 241 个字符串
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

2.1.2.2 配置登录提示消息

用户可以配置一条登录提示信息，以显示给所有登录到系统的用户，可以通过以下步骤配置此功能。

表 2-2 配置登录 Banner

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# banner login c message c	配置登录提示信息	指定相应的字符串，最多 241 个字符串
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

2.1.2.3 配置退出提示消息

用户可以配置一条 EXEC 模式的提示信息，以显示给所有登录到 EXEC 模式的用户，可以通过以下步骤配置此功能。

表 2-3 配置退出 Banner

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# banner exec c message c	配置一条 EXEC 模式的提示信息	指定相应的字符串，最多 241 个字符串
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

2.1.2.4 查看提示信息

完成上述配置后，可以通过命令显示当前所有的配置。

表 2-4 显示 Banner 信息

命令	操作	说明
show running-config	显示系统当前的配置	-

显示系统当前的配置：

```
Switch# show running-config
!
banner motd c message c


banner exec c message c


banner login c message c


!
--More--
```

2.1.3 配置主机名

除了设置登录信息外，用户可以根据自己的喜好设置交换机主机名，系统默认为 Switch。将主机名修改为独特的名称，用户可以从命令行界面的提示符中轻松识别设备。

2.1.3.1 配置方法

表 2-5 修改主机名

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# hostname sandbox	修改主机名为 sandbox	主机名必须符合 ARPANET 网络关于主机名的约定。包括英文字符，数字，连字号以及下划线。字数不能超过 64 个字符



说明

如果用户需要恢复默认的主机名 Switch，在全局配置模式下使用 **no hostname** 命令即可。

2.1.3.2 命令验证

修改主机名成功后，终端显示如下：

```
Switch (config)# hostname sandbox
sandbox(config)#
```

2.1.4 配置系统重启

用户可以使用命令重启系统，不仅可以直接重启，还能通过设置特定的时间来重启设备。

2.1.4.1 立即重启

表 2-6 重启系统

命令举例	操作	说明
Switch# reboot	重启系统	重启系统前，请先保存好系统的配置

2.1.4.2 配置系统重启时间

表 2-7 配置系统重启时间

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# schedule reboot at 12:12 2021/12/25	指定系统重启的具体时间	缺省情况下，系统默认未设置重启时间

说明

如果指定月份和日期，系统将在指定的月份和日期内的指定时间重启。如果没有指定月份和日期，系统将在当日的指定时间重启。

2.1.4.3 配置系统延迟重启时间

表 2-8 配置系统延迟重启时间

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# schedule reboot delay 300	配置系统延迟重启的时间	缺省情况下，系统默认未设置延迟重启的时间

2.2 用户管理配置

2.2.1 简介

用户管理功能可用来增加系统的安全性，用户可以通过密码来登录。系统会限制登录用户的数量。交换机上有三种模式登录：“no login”模式，任何人都可以直接登录交换机并且不需要密码；“login”模式，只需要提供密码登录；“login local”模式，假如用户想登录交换机，必须在系统中创建一个用户帐号。在本地创建用户帐号和密码可以帮助用户登录交换机。每个交换机只有 32 个账户。在用户启用本地账户验证之前，必须提前创建一个账户。

用户可以为每个用户名设置不同的密码。每个用户名不能超过 32 个字符。用户可以设置每个账户的等级，有效的等级为 1~4。只有一个账户可以进入配置模式。

2.2.2 配置用户等级

可以创建具有特权等级和密码的账户。

2.2.2.1 用户等级配置方法

表 2-9 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# line vty 0 7	进入 VTY 配置模式	-
Switch(config-line)# login local	设置验证模式	-
Switch(config-line)# exit	退出 VTY 配置模式	-
Switch(config)# username testname privilege 4 password 123abc<>	创建用户名和密码	设置账户特权等级，特权等级范围为 1~4
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

用户等级权限说明：

用户等级	说明
1	游客权限，支持有限的系统查看命令
2	普通查看权限，支持有限 show 命令操作
3	普通配置权限，支持大部分配置操作和 show 命令操作
4	全量权限，支持所有命令行操作

2.2.2.2 命令验证

经过以上配置，登录交换机时，系统会提示类似如下验证信息：

```
Username: testname
Password:
```

2.2.3 配置用户管理

该配置可以使用不带用户名的密码登录设备。

2.2.3.1 配置登录密码

表 2-10 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# line vty 0 7	进入 VTY 配置模式	-
Switch(config-line)# login	设置验证模式	-
Switch(config-line)# line-password abc	设置登录密码为 abc	-
Switch(config-line)# end	退出 VTY 配置模式	-

2.2.3.2 命令验证

经过以上配置后，登录交换机时系统会提示类似如下的验证信息，用户可以使用之前创建的密码来登录交换机。

```
Password:
```

2.2.4 配置密码安全等级

2.2.4.1 配置方法

表 2-11 配置步骤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
cipher detect { strong | normal | none }	设置密码的安全等级	strong：密码必须包含数字，普通字符和自定字符；normal：密码必须包含数字和普通字符；none：关闭安全检查

说明

本命令会清除所有低于安全等级的密码。

2.2.4.2 命令验证

设置密码的安全等级为 strong：

```
Switch(config)#cipher detect strong
Switch(config)#
```

2.2.5 配置密码最小长度

2.2.5.1 配置方法

表 2-12 配置步骤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
cipher detect { **strong** | **normal** | **none** }	设置密码的安全等级	本命令会清除所有低于安全等级的密码
cipher detect length *length-value*	设置安全等级为 normal 或者 strong 时密码的最小长度	长度范围为 1~64，该命令配合 **cipher detect** 命令使用，在配置 **cipher detect** 模式为 normal 或者 strong 时该限制生效

2.2.5.2 命令验证

设置安全等级为 normal 或者 strong 时密码的最小长度为 10：

```
Switch(config)#cipher detect length 10
Switch(config)#
```

2.2.6 配置密码有效周期

用户创建并配置该命令后，若管理员在配置时间内未修改密码，会导致密码超时无法使用。修改用户密码后重新开始计时。

2.2.6.1 配置方法

表 2-13 配置步骤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
username *WORD* **active-period** *time-value*	设置用户密码的有效周期	缺省情况下，未设置用户密码的有效周期

2.2.6.2 命令验证

设置用户名为 testName 的密码有效周期为 129600 分钟：

```
Switch(config)#username testName active-period 129600
Switch(config)#
```

2.2.7 配置登录失败最大次数及解锁方法

为了提高登录设备的安全性，用户可以配置允许登录失败的最大次数，以此来限制输入密码错误的次数。但是，用户配置该功能后，因为失误次数太多导致超过了配置的门限值，那么可能就需要用到以下办法来解锁。

2.2.7.1 配置登录失败最大次数

表 2-14 配置步骤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
username *WORD* **retry-times** *times-value*	设置允许用户连续登录失败的最大次数	times-value: 允许用户连续登录失败最大次数范围为 1~99；缺省情况下，系统未设置登录失败的最大次数

2.2.7.2 配置锁定时长

当设置了允许登录失败的最大次数后，用户登录失败的次数超过配置的 retry-times，用户会被锁定。默认锁定时间是 30 分钟。如果用户在这之前设置了 lock-time，达到配置的锁定时长，就会解除锁定。

表 2-15 配置步骤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
username *WORD* **lock-time** *time-value*	设置用户登录失败被锁定后的时长	time-value 取值范围为 5~1440，单位：分钟；默认锁定时间是 30 分钟

2.2.7.3 配置快速解除锁定

如果用户配置了允许登录失败的最大次数，且用户登录失败次数超过了配置的上限，可以通过此配置快速解除锁定状态，减少等待时间。

表 2-16 配置步骤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
username *WORD* **unlock**	解除被锁定的用户	-

2.3 FTP 配置

2.3.1 简介

File Transfer Protocol (FTP)，即文件传输协议，在FTP服务器和 FTP客户端之间传输文件，是 IP 网络上传输文件的通用协议。

用户可从 FTP 服务器下载一个交换机配置文件，或从交换机上传文件到 FTP 服务器上。从 FTP 服务器下载一个交换机的配置文件以升级交换机的配置，只需用新的文件覆盖当前的启动配置文件即可。交换机配置文件上传到服务器可以起到备份作用，如后续需要，可下载到本交换机或者相同类型的交换机，以更新交换机的配置。

图 2-1 FTP组网应用示意图



窍门

在建立FTP连接前，请确保FTP服务器与FTP客户端之间路由可达，否则，连接建立失败。

2.3.2 配置 FTP 服务器

当设备作为FTP服务器时，至少要开启FTP服务器功能，并配置 FTP服务器的认证和授权，其它命令请根据需要选择配置。

配置了 FTP 服务器的账号和密码后，用户有权进行 FTP 下载或上传配置文件，未配置的用户没有权限进行如下操作。默认的匿名用户不可以登录。

2.3.2.1 FTP 服务器基本配置

表 2-17 FTP 服务器基本配置

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service ftpd enable	启动 FTP 服务器功能	缺省情况下，FTP 服务器功能处于关闭状态
ftpd username *WORD* **password** [8] *LINE*	配置 FTP 服务器的账号和密码	配置”8”选项后，后面配置的密码必须为加密过的密码，否则配置失败。可以通过 **username secret** 命令来获取加密后的密码。配置用户后，在运行的 FTP Client 端输入相应的用户名及密码登入设备

2.3.3 配置 FTP 客户端

2.3.3.1 准备 FTP 下载或上传配置文件

用户可以复制或上传文件到 FTP 服务器。

FTP 协议要求 FTP 客户端每次发送 FTP 请求到服务器时都要包含远程用户名和密码。在用户开始使用 FTP 上传或下载一个配置文件前，必须完成以下操作：

1. 确保交换机到 FTP 服务器之间有一个可达路由。如果用户的网络中不存在子网间路由通信，交换机和 FTP 服务器就必须要在同一网络中，通过 ping 命令检查 FTP 服务器的连通性。
2. 如果用户正通过控制台或 Telnet 访问交换机，需确保当前的 FTP 用户名有效，是一个可以使用 FTP 下载功能的用户名。
3. 当用户上传配置文件到 FTP 服务器，用户必须正确配置 FTP 服务器以接收来自交换机用户的写请求。

i. 通过 FTP 下载配置文件

用户可以下载一个新的配置文件来覆盖当前的配置。

表 2-18 FTP 下载配置文件（IPv4 组网环境）

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# end	退出 EXEC 模式
Switch# copy mgmt-if ftp://test:test@10.10.10.163/ startup-config.conf flash:/startup-config.conf	从远程 FTP 服务器下载启动配置文件，用户名“test”，密码“test”
Switch# show startup-config	显示配置

表 2-19 FTP 下载配置文件（IPv6 组网环境）

命令举例	操作
Switch# copy ftp://root:root@2001:1000::2/startup-config.conf flash:/startup-config.conf	从远程 FTP 服务器下载启动配置文件，用户名“root”，密码“root”
Switch# show startup-config	显示配置

ii. 通过 FTP 上传配置文件

用户可以从一个 FTP 服务器上传一个配置文件，稍后从这个交换机或其它交换机下载这个配置。

表 2-20 FTP 上传配置文件（IPv4 组网环境）

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# end	退出 EXEC 模式
Switch# copy flash:/startup-config.conf mgmt-if ftp://test:test@10.10.10.163/startup-config.conf	向远程 FTP 服务器上传配置文件，用户名“test”，密码“test”

表 2-21 FTP 上传配置文件（IPv6 组网环境）

命令举例	操作
Switch# copy flash:/startup-config.conf mgmt-if ftp://root:root@2001:1000::2 startup-config.conf	向远程 FTP 服务器上传配置文件，用户名“root”，密码“root”

2.3.3.2 操作 FTP 服务器上的目录

当设备作为 FTP 客户端，与 FTP 服务器成功建立连接后，在 FTP 服务器的授权目录下，用户可以进行创建、删除文件夹等操作。

表 2-22 操作 FTP 服务器上的目录

命令	操作	说明
dir [**flash:** | **udisk:**]	查看FTP服务器上的flash文件系统/USB存储设备的详细信息	如果系统没有USB存储设备。该命令将无法执行
ls [**flash:** | **udisk:**]		
more [**flash:** | **udisk:**]		
cd [**flash:** | **udisk:**]	切换FTP服务器上的工作路径	设置当前路径为flash或者USB
pwd	显示当前用户正在访问的FTP服务器上的路径	-
mkdir *directory*	在FTP服务器上创建目录	-
rmdir *directory*	删除FTP服务器上指定的目录	-

2.3.3.3 操作 FTP 服务器上的文件

当设备作为 FTP 客户端，与 FTP 服务器成功建立连接后，在 FTP 服务器的授权目录下，用户可以通过以下操作，向 FTP 服务器上传或从 FTP 服务器下载文件，推荐使用以下步骤：

(1) 使用 **dir** 或者 **ls** 命令了解 FTP 服务器上的目录结构以及文件所处的位置。

(2) 删除过时文件，以便有效利用存储空间。

(3) 设置传输模式。

(4) 进行上传/下载操作。

表 2-23 操作 FTP 服务器上的文件

命令	操作	说明
dir [**flash:** | **udisk:**]	查看FTP服务器上的flash文件系统/USB存储设备的详细信息	如果系统没有USB存储设备。该命令将无法执行
ls [**flash:** | **udisk:**]		
more [**flash:** | **udisk:**]		
delete *file-name*	删除FTP服务器上的文件	-
ftp passive	设置FTP为被动模式	-
rename *old-filename* *new-filename*	将文件重命名	-

2.3.3.4 更改登录用户

当设备作为FTP客户端，与FTP服务器连接建立成功后，可以更改登录用户。全局配置模式下，使用命令创建 FTP 用户和密码。此处配置的 user-name 和 password 为远程 FTP 服务器用户名和密码，配置用户名和密码后，通过 copy 指令上传/下载 FTP 服务器文件时，无需再指定用户名和密码，将自动使用该配置的 user-name 和 password。

表 2-24 更改登录用户

命令	操作	说明
ftp username *user-name*	为FTP用户创建用户名	用户名必须以字母开头，包括英文字母，数字和下划线，不多于31个字符
ftp password	为FTP用户创建密码	-

2.3.3.5 删除 FTP 用户名和密码

用户可以使用 **no** 形式的命令删除 FTP 用户名和密码。

表 2-25 删除 FTP 用户名和密码

命令	操作	说明
no ftp username	删除 FTP 用户名	-
no ftp password	删除 FTP 密码	-

2.3.4 查看 FTP 相关配置

表 2-26 查看 FTP 配置信息

命令	操作	说明
show ftp	查看FTP的配置信息	该命令直接在特权配置模式下执行

查看 FTP 的配置信息：

```
Switch# show ftp
ftp passive mode: on
ftp username: root
```

```
ftp password: unencrypted， abc
Switch#
```

2.4 TFTP 配置

2.4.1 简介

Trivial File Transfer Protocol（TFTP，简单文件传输协议），是 TCP/IP 协议族中的一个用来在客户机与服务器之间进行简单文件传输的协议，提供不复杂、开销不大的文件传输服务。端口号为 69。

此协议是为小文件传输而设计的。因此它不具备许多常见的 FTP 功能，它只能从文件服务器上获得或写入文件，不能列出目录和进行认证，传输 8 位数据。

图 2-2 TFTP 组网应用示意图



2.4.2 配置 TFTP 服务器

当设备作为TFTP客户端时，可以把设备的文件上传到 TFTP 服务器，还可以从TFTP服务器下载文件到设备。

2.4.2.1 TFTP 服务器基本配置

在进行上传下载之前，需要执行如下操作：

- 确保作为 TFTP 服务器的工作站配置正确。

- 确保 Switch 到 TFTP 服务器的路由可达。如果子网间不存在进行路由通信的路由器，交换机和 TFTP 服务器必须在同一网络中。**ping** 命令可以检查是否能连接到 TFTP 服务器。
- 确保要下载的配置文件在 TFTP 服务器上的正确目录下。
- 下载操作，确保该文件的权限设置正确。
- 上传操作，如果要覆盖服务器上现有的文件（包括空文件），确保该文件的权限设置正确。

表 2-27 通过 TFTP 服务器下载文件

命令举例	操作
Switch# copy mgmt-if tftp://10.10.10.163/startup-config.conf flash:/startup-config.conf	指定 TFTP 服务器的 IPv4 地址以及相应的文件
Switch# copy mgmt-if tftp://2001:1000::2/startup-config.conf flash:/startup-config.conf	指定 TFTP 服务器的 IPv6 地址以及相应的文件
Switch# show startup-config	检查下载的文件

表 2-28 通过 TFTP 服务器上传文件

命令举例	操作
Switch# copy flash:/startup-config.conf mgmt-if tftp://10.10.10.163/startup-config.conf	指定上传的文件以及服务器的 IPv4 地址

命令举例	操作
Switch# copy flash:/startup-config.conf mgmt-if tftp://2001:1000::2/startup-config.conf	指定上传的文件以及服务器的 IPv6 地址

2.5 Telnet 配置

2.5.1 简介

Telnet 协议是 TCP/IP 协议族中的一员，是 Internet 远程登录服务的标准协议和主要方式。它为用户提供了在本地计算机上完成远程登录主机工作的能力。在终端用户的电脑上使用 Telnet 程序，用它连接到服务器。终端用户可以在 Telnet 程序中输入命令，这些命令会在服务器上运行，就像直接在服务器的控制台上输入一样。通过 Telnet 程序，用户在本地就能控制服务器。要开始一个 Telnet 会话，必须输入用户名和密码来登录服务器。Telnet 是常用的远程控制 Web 服务器的方法。

图 2-3 通过设备登录到其他设备



2.5.2 配置 Telnet

此配置可以开启 Telnet 服务，可以让交换机访问网络上其他的设备。

2.5.2.1 Telnet 基本配置

步骤 1 通过带内口 Telnet 到其他交换机。

命令举例	操作
Switch# telnet 10.10.29.247	通过带内口 Telnet 到其他交换机（IPv4）
Switch# telnet 2001:1000::71	通过带内口 Telnet 到其他交换机（IPv6）

步骤 2 通过管理口 Telnet 到其他交换机。

命令举例	操作
Switch# telnet mgmt-if 10.10.29.247	通过管理口 Telnet 到其他交换机（IPv4）
Switch# telnet mgmt-if 2001:1000::2	通过管理口 Telnet 到其他交换机（IPv6）

步骤 3 交换机同样也是一个 Telnet 服务器。

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# service telnet enable	启用 Telnet 服务

2.5.2.2 命令验证

交换机访问网络上其他的设备：

```
Switch# telnet mgmt-if 10.10.38.1
Entering character mode
Escape character is '^]'.
Switch #

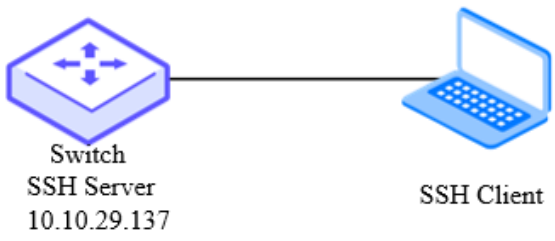
Switch# telnet 2001:1000::71
Entering character mode
Escape character is '^]'.
Switch #
```

2.6 SSH 配置

2.6.1 简介

安全 shell（SSH）是一种协议，可为用户提供一个安全环境，远程连接到设备。当设备进行远程访问时，SSH 提供了比 Telnet 更强大的加密功能，SSH 支持数据加密标准（DES）加密算法，三重 DES（3DES）加密算法，并且提供基于密码的用户认证。

图 2-4 SSH 系统应用



此配置可以开启 SSH 服务，进行远程访问。

2.6.2 配置 SSH 基本功能

表 2-29 开启/关闭 SSH 服务

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server enable	开启 SSH 服务	缺省情况下，SSH 服务处于关闭状态
Switch(config)# ip ssh server disable	关闭 SSH 服务	使用此命令关闭 SSH 服务

2.6.3 配置 SSH 认证

SSH 登录时所支持的认证方式包括密码认证方式、SSHv2 公钥认证方式以及 SSHv1RSA 认证方式。

2.6.3.1 配置 SSH 认证方式

表 2-30 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server authentication-type password all	设置使用 SSH 登录时所支持的认证方式	缺省情况下，登录时支持所有认证方式

说明

当使用 SSH 协议进行登录时，在开始建立连接时会协商所使用的加密方式；如果某一端设置所使用的加密方式为 all，则协商的结果由对端所使用的加密方式来决定。

2.6.3.2 配置 SSH 认证失败次数

表 2-31 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server authentication-retries 3	设置使用 SSH 登录时允许认证失败的次数	缺省情况下，允许认证失败的最大次数为 6 次

2.6.3.3 配置 SSH 认证超时时间

表 2-32 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server authentication-timeout 100	设置无操作时系统断开连接的等待时间	缺省情况下，无操作时系统断开连接的等待时间为 120 秒

2.6.4 配置 SSH 源 IP 地址

表 2-33 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server source address vrf vpn1 10.10.10.1	设置 SSH 服务器的源 IP 地址	该命令可以修改 SSH 服务器的源 IP 地址，指定提供 SSH 服务的 VRF。源地址只能是 loopback 口的地址或者 0.0.0.0，当配置为 0.0.0.0 表示不指定 IP 作为 SSH 服务器地址

2.6.5 配置 SSH 源端口

2.6.5.1 配置带内 SSH 源端口

表 2-34 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server source port 2222	配置带内 SSH 服务器的源端口号（SSH 服务端口）	使用 no ip ssh server source port 会配置带内 SSH 服务器的源端口号为默认值 22

2.6.5.2 配置带外 SSH 源端口

表 2-35 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server source mgmt-if port 2222	配置带外 SSH 服务器的源端口号	使用 no ip ssh server source mgmt-if port 会配置带外 SSH 服务器的源端口号为默认值 22

2.6.6 显示 SSH 会话信息

表 2-36 查看 SSH 会话信息

命令举例	操作	说明
show ip ssh server session	查看 SSH 会话信息	-

查看当前的 SSH 会话信息：

```
Switch# show ip ssh server session
==============ip ssh server session==============
Session 1:
        Version    : 2.0
        Encryption: aes256-ctr
        Hmac       : hmac-sha2-512
        User       : admin
        IP         : 100.22.0.54
        State      : Session started
```

2.6.7 配置 SSH 协议版本

设备支持的 SSH 协议版本包括 version 1 和 version 2，用户可以指定支持 version 1 或者 version 2，也可以配置两种版本都支持。

表 2-37 配置 SSH 协议版本

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ssh server version 1	设置 SSH 协议的版本	缺省情况下，设备使用 version 2 版本



说明

当使用 SSH 协议登录时，客户端和服务端在开始建立连接时会协商所使用的协议版本；如果协商失败，则不会建立连接；如果某一端设置所使用的 SSH 协议为 all，则协商的结果以对端所支持的 SSH 协议的最高版本来决定。

2.6.8 显示 SSH 配置信息

表 2-38 查看 SSH 配置信息

命令	操作	说明
show ip ssh server status	查看 SSH 配置信息	-

查看 SSH 配置信息：

```
Switch# show ip ssh server status
SSH server enabled
Version: 1.99
Authentication timeout: 33 second(s)
Authentication retries: 6 time(s)
Server key lifetime: 60 minute(s)
Authentication type: password， public-key
```

2.6.9 创建 SSH 密钥

创建一个 key 并且进入 key 的自定义配置模式。

表 2-39 进入 RSA key 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# rsa key key1	创建一个 key 并进入 key1 的自定义配置模式
Switch(config-rsa-key)#	成功进入 RSA key 配置模式

说明

此处创建的 keyname 应以字母开头，后可接数字，且不超过 32 个字符；否则会创建失败，出现如下错误提示“% Invalid key name: starting with alphabetic and can only include [0-9a-zA-Z.-_]. Its length range is [1, 32)”。

在 RSA key 配置模式下，可以配置 key 的格式（der 格式或 pem 格式）和类型（公钥或私钥）。

表 2-40 配置 key 的格式与类型

命令举例	操作步骤
Switch(config)# rsa key key1	进入 RSA key 配置模式
Switch(config-rsa-key)# key format der	设置生成的 key 的格式为 der 格式
Switch(config-rsa-key)# key type public	设置生成的 key 类型为公钥

表 2-41 退出 RSA key 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# rsa key key1	进入 RSA key 配置模式
Switch(config-rsa-key)# key string end	退出当前 key 配置模式
Switch(config)#	退回至全局配置视图

以下表格列出了创建 SSH 密钥、导入密钥的操作步骤。

表 2-42 创建 SSH 密钥

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入配置模式
Switch(config)# rsa key a generate	创建一个 key
Switch(config)# rsa key a export url flash:/a.pri private ssh2	从 Flash 里面取一个 a.pri 私有 key
Switch(config)# rsa key a export url flash:/a.pub public ssh2	从 Flash 里面取一个 a.pub 公有 key

表 2-43 导入密钥

命令举例	操作步骤
Switch(config)# rsa key importKey import url flash:/a.pub public ssh2	导入一个 key 名字为 a.pub
Switch(config)# username aaa privilege 4 password abc	创建用户名为 aaa

命令举例	操作步骤
Switch(config)# username aaa assign rsa key importKey	指定 SSH 用户名为 aaa

2.6.9.1 命令验证

在 SSH 客户端进行如下操作：

- 下载 a.pri key
- 加载交换机

```
[root@test1 tftpboot]# ssh -i a.pri aaa@10.10.39.101
aaa@10.10.39.101's password:
Switch#
```

2.6.9.2 显示密钥信息

i. 查看 key 的详细信息

命令	操作
show rsa key *keyname*	查看 key 的详细信息

查看 key1 的详细信息：

```
Switch# show rsa key KEY1

RSA key information:

============================================================

Name: KEY1

Type: private

Modulus: 1024 bit

Usage count: 0

Private key DER code:

30820258

  0201

   00

  028180

   9B3E9726  6405BD54  692F172A901F3879  C947366E  5703D282  AA31707F
214D38C9

Switch#
```

ii. 查看所有 key 的简要信息

命令	操作
show rsa keys	查看所有 key 的简要信息

显示所有 key 的简要信息：

```
Switch# show rsa keys
Name                 Type    Usage   Modulus
=============================================================
key1                 private 0     1024
key2                 public  0     1024
Switch#
```

2.7 系统时间配置

2.7.1 简介

为了保证与其他设备协调工作，用户需要将系统时间设置准确。在没有其他外部时间源的情况下，您可以在系统启动后手动的设置时间和日期。如果您还有其他的同步时间的方式，比如网络时钟协议（Network Time Protocol，NTP），不建议您进行手动设置时钟和日期。

2.7.2 配置时间与时区

2.7.2.1 配置步骤

表 2-44 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# clock set datetime 11:30:00 10 26 2013	设置系统当前时间	缺省情况下，缺省为 UTC (Universal Time Coordinated) 时间，即协调世界时。在需要严格获取绝对时间的应用环境中，必须设定设备当前日期和时钟。
Switch (config)# clock set timezone beijing add 8	设置本地时区名称为 beijing，比 UTC 标准时间增加 8 小时	缺省情况下，缺省为 UTC 标准时间
Switch(config)# clock set summer-time dst date 6 1 2013 02:00:00 10 31 2013 02:00:00 120	设置夏令时的起止时间	缺省情况下，未开启夏令时功能。夏令时的第一部分用来说明起始时间和日期，第二部分用来说明结束时间和日期。所有的时间都是基于当前时区。开始时间是基于当前的标准时间，而结束时间是基于夏令时的。如果设置的开始时间大于结束时间，表示您处于南半球。
Switch(config)#exit	退出全局配置模式	-
Switch# show clock detail	显示当前日期和时间的详细信息	-

2.7.2.2 命令验证

表 2-45 查看当前日期和时间的详细信息

命令	操作	说明
show clock detail	显示当前日期和时间的详细信息	-

显示当前系统的时间和日期：

```
Switch# show clock detail

  13:31:10 dst Sat Oct 26 2013
  Time zone: (GMT + 08:00:00)  beijing
  Summer time starts at beijing 02:00:00  06/01/2013
  Summer time ends at dst 02:00:00  10/31/2013
  Summer time offset:  120 minutes
```

2.7.3 显示时区配置

表 2-46 查看所有时区

命令	操作	说明
show timezones	显示所有的时区	-

查看所有的时区：

```
Switch#show timezones
(GMT+00:06:04)   Europe/Andorra
(GMT+03:41:12)   Asia/Dubai
(GMT+04:36:48)   Asia/Kabul
(GMT-04:07:12)   America/Antigua
```

```
(GMT-04:12:16)   America/Anguilla
(GMT+01:19:20)   Europe/Tirane
(GMT+02:58:00)   Asia/Yerevan
(GMT-04:36:00)   America/Curacao
(GMT+00:52:56)   Africa/Luanda
(GMT+11:06:24)   Antarctica/McMurdo   McMurdo Station, Ross Island
==========================================================
(GMT+00:00:00)     Antarctica/South_Pole  Amundsen-Scott  Station,  South


(GMT-04:32:32)   Antarctica/Rothera   Rothera Station, Adelaide Island
(GMT-04:16:24)   Antarctica/Palmer    Palmer Station, Anvers Island
```

2.8 证书配置

2.8.1 简介

交换机的高级功能特性需要使用证书认证才可以使用，每台交换机有自己专属的证书来防止未授权的用户使用高级特性造成未知错误。一共有 3 类证书：Enterprise Base, Metro Service, and Metro Advanced。不同种类的证书包含不同的功能特性，用户可以根据需要来申请不同种类的证书。如果交换机没有证书，该交换机无法使用 L2 相关的功能特性。

不同的交换机不能共享同一份证书，为了能够获得指定交换机的证书，首先需要生成指定交换机的设备唯一标识符(UDI)， 将 UDI 发送给设备商来申请该交换机的证书。获得证书后将其应用到对应交换机上即可。

2.8.2 配置 UDI

2.8.2.1 创建 UDI

表 2-47 创建 UDI

命令举例	操作	说明
Switch# generate device identifier mgmt-if ftp://test:test@10.10.25.33/device.udi	为当前交换机创建 UDI 并且发送到 FTP 服务器上	该命令可以生成交换机的设备唯一标识符(UDI)，使用对应交换机的 UDI，可以向设备商申请该交换机可用的各类证书。

2.8.2.2 申请及使用证书

将 UDI 文件发送给设备商，设备商将根据客户需求来生成相应的证书并发送给客户。客户收到证书之后，使用时应注意：

- 必须重启交换机才能让证书生效。
- 如果交换机没有有效证书，无法使用 L2 功能
- 如果交换机有多张有效证书，则可以使用所有证书中包含的功能特性。

表 2-48 使用证书

命令举例	操作
Switch# copy mgmt-if ftp://test:test@10.10.25.33/device.lic flash:/device.lic	将证书从 FTP 服务器拷贝到本地
Switch# reload	重启系统

2.8.3 命令验证

表 2-49 查看证书

命令	操作
show license	查看交换机上的证书

显示交换机上的证书：

```
Switch# show license

    License files:

    ============================================================

    flash:/B4155D47AB26.lic:

     Created Time: Mon Jul 21 15:06:40 CST 2025

     Device MAC:   B4:15:5D:47:AB:26

     Feature Set:  VLAN INTERFACE QINQ MVR ERPS

                   MEF ETHOAM VPWS VPLS HVPLS

                   SMLK TPOAM OVERLAY LACP MSTP

                   BHM OSPF ISIS RIP PIM_SM

                   PIM_DM IGMP VRF LDP BGP

                   OSPF_TE EXTEND_ACL SSM TUNNEL_V4 IPV6

                   OSPF6 PIM_SM6 MVR6 RIPNG TUNNEL_V6

                   IPFIX EFD WARP_SPAN HW_MONITOR PBR

                   MLAG MPLS BGP4+
```

3 以太网配置指导

一般来说，交换机有两类管理端口：以太网口和串口。本章节主要介绍以太网接口的配置和功能，具体的接口类型和数量可参考相关的安装指导手册。

3.1 以太网接口配置

3.1.1 接口简介

以太网接口可以连接到终端或网络管理站（NMS）的网络端口，建立一个现场或远程配置环境。ETH 接口以 1/10/25/40/100 Gbps 的速度工作，支持全双工模式。

3.1.2 接口基本配置简介

表 3-1 接口基本配置

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name 为接口名称，详情请参考 3.1.3
description *line*	配置端口的描述信息	描述信息 line 必须小于等于 64 个字符，字符类型必须是“0-9A-Za-z.-_”的格式

命令	操作	说明
speed { **1000** | **auto** | **100G** | **10G** | **25G** | **40G** }	配置端口速率	缺省情况下，端口自动检测协商速率（auto）
duplex { **auto** | **full** | **half** }	配置端口的双工模式	缺省情况下，端口的双工模式为自协商模式（auto）
bandwidth *bandwidth-value*	配置端口带宽	端口带宽取值为1~100000000，单位：kbps
shutdown	配置端口为关闭状态	缺省情况下，端口为 UP 状态

3.1.3 接口名称与编号

通过输入 **interface** *if-name* 命令，不仅可以进入物理端口，还可以进入聚合端口、VLAN 端口、环回端口等多种形式的端口模式，如下表 3-2 所示。

表 3-2 接口名称

接口名称	说明
eth	物理端口
agg	聚合端口
loopback	环回端口
vlan	VLAN 端口
tunnel	Tunnel 端口

if-name 由接口名称和接口编号组成，物理端口的接口编号一般以“-”符号相隔，例如“eth-0-1”，其中“0”表示槽位号，取值为 0；“1”表示端口号，取值为 1~54。

对于其他接口，后面直接加上接口编号即可（接口名称与接口编号之间允许有空格），进入相应接口配置模式的命令形式如下表所示：

表 3-3 进入不同的接口配置模式

命令举例	操作
Switch(config)# interface eth-0-1	进入物理端口 eth-0-1
Switch(config)# interface agg1	进入聚合端口 agg1
Switch(config)# interface loopback1	进入环回端口 loopback1
Switch(config)# interface vlan1	进入 VLAN1 端口
Switch(config)# interface tunnel1	进入 Tunnel1 端口

说明

尽管接口的名称不同，但进入接口配置模式后的命令提示符均为 Switch(config-if)#。

3.1.4 接口基本配置举例

本小节详细介绍了以太网接口的基本配置，包括接口状态、接口速率与双工模式。

3.1.4.1 配置以太网接口状态

表 3-4 接口状态

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	开启接口 eth-0-1（默认配置）
Switch(config-if)# quit	返回至全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# shutdown	关闭接口 eth-0-2
Switch(config)# end	退出全局配置模式

3.1.4.2 配置以太网接口速率

表 3-5 接口速率

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# speed 10G	设置接口 eth-0-1 速率为 10G	缺省情况下，端口自动检测协商速率
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# quit	返回至全局配置模式	-
Switch(config)# interface	进入接口配置模式	进入物理端口 eth-0-2

命令举例	操作	说明
eth-0-2		
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# speed 25G	设置接口 eth-0-2 速率为 25G	缺省情况下，端口自动检测协商速率
Switch(config-if)# quit	返回至全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# speed auto	设置 eth-0-3 速率为自适应模式	-
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

说明

用户可设置的端口速率为 1000Mb/s、100Gb/s、10Gb/s、25Gb/s、40Gb/s，默认为自动检测协商速率。

3.1.4.3 配置以太网接口双工模式

端口可配置的双工模式为全双工模式、半双工模式和自协商模式。如果用户设定端口双工模式为半双工模式，只能在 10M、100M 的端口上配置。

用户可以根据实际组网情况选择端口的双工模式，大致有以下三种情况可供参考：

- 当需要端口在发送数据包的同时可以接收数据包时，可以将端口设置为全双工（full）属性。
- 当需要端口同一时刻只能发送数据包或接收数据包时，可以将端口设置为半双工（half）属性。
- 当需要端口的双工属性由本端端口和对端端口自动协商决定时，可以将端口设置为自协商（auto）属性。

表 3-6 接口双工模式

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch(config-if)# duplex full	设置接口 eth-0-1 为全双工模式
Switch(config-if)# quit	返回至全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch(config-if)# duplex half	设置接口 eth-0-2 为半双工模式
Switch(config-if)# quit	返回至全局配置模式

命令举例	操作
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch(config-if)# duplex auto	设置接口 eth-0-3 为自适应模式
Switch(config-if)# end	退出全局配置模式

3.1.4.4 查看接口状态

表 3-7 查看接口状态

命令	操作
show interface status	显示所有物理端口的状态

查看所有物理端口的状态：

```
Switch# show interface status

Port     Status   Duplex  Speed  Mode   Type          Description
--------------------------------------------------------------------------------
mgmt-if  up       full    1000   routed 1000BASE_T
eth-0-1  up       full    a-1000 access 1000BASE_T
eth-0-2  up       half    a-100  access 1000BASE_T
eth-0-3  up       a-full  a-1000 access 1000BASE_T
```

3.1.5 接口通用配置

本小节介绍 L2/L3 以太网接口的通用配置。

3.1.5.1 拆分以太网接口

当 100G 接口拆分为 4 个 10G 或 4 个 25G 后可以提高端口密度，降低用户的使用成本，增强组网灵活性。不拆分时，100G 的接口也可以单独使用，拆分后的接口和一般接口功能和特性大致相同。

i. 将接口拆分成4个10G接口

命令	操作
configure terminal	进入全局配置模式
split interface *if-name* **10giga**	将接口拆分成 4 个 10G 接口（在需要拆分的端口上配置一次即可）

ii. 将接口拆分成4个25G接口

命令	操作
configure terminal	进入全局配置模式
split interface *if-name* **25giga**	将接口拆分成 4 个 25G 接口

iii. 取消接口的拆分

命令	操作
configure terminal	进入全局配置模式
no split interface	取消接口的拆分

说明

配置接口拆分命令或者取消拆分命令后，需保存配置并重启才能生效。

3.1.5.2 配置允许长帧通过以太网接口

表 3-8 配置允许长帧通过以太网接口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
jumboframe enable	允许长帧通过以太网端口	缺省情况下，不允许长帧通过以太网接口

说明

未配置该功能前，最大可以通过的报文的长度是 1632 字节。使能该功能后，端口上最大允许通过的报文长度为 9600 字节。

3.1.5.3 清除接口报文统计信息

在某些情况下，需要统计一定时间内某端口的流量，这就需要在统计开始前清除该端口原有的统计信息，重新进行统计。如果不指定端口类型和端口号，则清除所有端口的统计信息；如果仅指定端口类型，则清除所有该类型端口的统计信息。

表 3-9 清除接口报文统计信息

命令	操作	说明
clear counters [*if-name*]	清除所有接口或指定接口的报文统计信息	该命令在特权模式下执行

3.1.6 接口批量配置

需要创建多个接口时，用户可键入此命令 **interface range** *if-name*，进入接口范围模式，批量创建多个接口，而不必一个一个地创建，可以节省时间，减少工作量。

下表以批量创建物理接口为例：

表 3-10 接口批量配置

命令举例	操作	说明
Switch(config)# interface range eth-0-1 – 24	批量创建一系列物理接口，并进入接口范围模式	用“,”或“-”区分的界面范围集

3.2 三层接口配置

3.2.1 简介

系统支持以下三种类型的三层接口：

- VLAN 接口：为需要转发路由的流量，创建任意的 VLAN 接口。
- 路由端口：使用 **no switchport** 命令将物理端口切换为路由端口。
- 三层 link aggregation 端口：链路聚合接口，由路由端口组成。

每一个三层接口都至少会拥有一个 IP 地址，所有三层接口都需要一个 IP 地址进行路由配置，本章节描述了如何配置三层接口，以及如何分配一个 IP 地址到接口。

3.2.2 配置路由端口

下表步骤描述了如何配置路由端口。

3.2.2.1 配置步骤

表 3-11 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	端口设置为三层接口	缺省情况下，端口为二层接口；当您使用该命令切换端口模式的时候，所有端口上原来的配置将会消失并且不能恢复。
Switch(config-if)# ip address 1.1.1.1/24	配置 IP 地址为 1.1.1.1/24	-
Switch(config-if)# end	退出 EXEC 模式	-

3.2.2.2 查看三层接口信息

表 3-12 显示三层接口的信息

命令	操作	说明
show ip interface brief	显示三层接口的信息	-

显示三层接口的信息：

```
Switch# show ip interface brief

Interface        IP-Address     Status          Protocol
eth-0-1          1.1.1.1        up
Switch# show ip interface
Interface eth-0-1
  Interface current state: UP
  Internet address(es):
   1.1.1.1/24 broadcast 1.1.1.255
  Joined group address(es):
   224.0.0.1
  The maximum transmit unit is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 1000 milliseconds
  ICMP redirects are always sent
ICMP unreachables are always sent
  ICMP mask replies are always sent
  ARP timeout 01:00:00，ARP retry interval 1s
  VRRP master of:  VRRP is not configured on this interface
```

3.2.3 配置 VLAN 接口

在一个以太网接口上可以配置多个虚拟 VLAN 接口，创建好的 VLAN 接口和物理接口功能相同，它们可以和物理接口一样进行配置和显示。动态路由协议，如：RIP、OSPF 和 BGP，都可以在整个网络使用 VLAN 接口。

3.2.3.1 配置步骤

表 3-13 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 接口配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10	创建 VLAN 10	-
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 接口配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置此接口的交换机特性为 trunk 模式	缺省状态下，接口的工作模式为 access
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	将此端口加入所有 VLAN	-
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	默认配置，可省略
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# interface vlan10	进入 VLAN 接口配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config-if)# ip address 2.2.2.2/24	配置 IP 地址为 2.2.2.2/24	-
Switch(config-if)# end	退出 EXEC 模式	-

3.2.3.2 查看 VLAN 接口信息

表 3-14 显示 VLAN 接口信息

命令	操作	说明
show ip interface brief	显示 VLAN 接口信息	-

显示 VLAN 接口信息：

```
Switch# show ip interface brief

 Interface        IP-Address     Status          Protocol
 vlan10           2.2.2.2        up

Switch# show ip interface

 Interface vlan10
  Interface current state: UP
  Internet address(es):
   2.2.2.2/24 broadcast 2.2.2.255
  Joined group address(es):
   224.0.0.1
  The maximum transmit unit is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 1000 milliseconds
```

ICMP redirects are always sent

ICMP redirects are always sent

ICMP unreachables are always sent

ICMP mask replies are always sent

ARP timeout 01:00:00, ARP retry interval 1s

VRRP master of : VRRP is not configured on this interface

3.3 接口 Errdisable 配置

3.3.1 简介

Errdisable 是一种通过关闭异常接口来保护系统的机制。如果一个接口进入 Errdisable 状态，有两种方法可以从 Errdisabled 状态中恢复。方法一：配置 Errdisable 检测之前使能 Errdisable 恢复，配置接口在一定的时间之后自动恢复。但如果先发生 Errdisable，再使能 Errdisable 恢复功能，Errdisable 将不会自动恢复。方法二：在 Errdisable 接口上配置“**no shutdown**”命令。

接口链路状态的摆动抑制是一个潜在的硬件或线路问题造成的错误。管理员还可以配置接口的链路摆动抑制的检测条件。

3.3.2 配置 Errdisable 检测

3.3.2.1 配置举例

表 3-15 配置举例

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# errdisable detect reason link-flap	使能检测链路摆动抑制 errdisable	缺省情况下，使能对端口的链路错误状态检测功能
Switch(config)# end	退出 EXEC 模式	-

3.3.2.2 查看 Errdisable 检测状态

表 3-16 显示 Errdisable 检测状态

命令	操作	说明
show errdisable detect	显示 Errdisable 检测状态	-

显示 Errdisable 检测状态：

```
Switch# show errdisable detect

ErrDisable Reason      Detection status
-----------------      ----------------
bpduguard              Enabled
bpduloop               Enabled
link-monitor-failure   Enabled
oam-remote-failure     Enabled
port-security          Enabled
link-flap              Enabled
monitor-link           Enabled
udld                   Enabled
```

```
fdb-loop            Enabled
loopback-detection  Enabled
reload-delay        Enabled
```

3.3.3 配置 Errdisable 恢复

3.3.3.1 配置举例

表 3-17 配置举例

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# errdisable recovery reason link-flap	使能链路震荡 Errdisable 恢复功能	缺省情况下，不使能链路震荡错误恢复功能
Switch(config)# errdisable recovery interval 30	设置从错误状态恢复的时间间隔为 30 秒	取值范围为 30~86400，单位：秒；默认时间间隔为 300 秒
Switch(config)# end	退出 EXEC 模式	-
Switch# show errdisable recovery	显示 Errdisable 恢复功能	-

3.3.3.2 查看 Errdisable 恢复

表 3-18 查看 Errdisable 恢复功能

命令	操作	说明
show errdisable recovery	显示 Errdisable 恢复功能	-

显示 Errdisable 恢复功能：

```
Switch# show errdisable recovery

  ErrDisable Reason      Timer Status
  -----------------      --------------
  bpduguard              Disabled
  bpduloop               Disabled
  link-monitor-failure   Disabled
  oam-remote-failure     Disabled
  port-security          Disabled
  link-flap              Enabled
  udld                   Disabled
  fdb-loop               Disabled
  loopback-detection     Disabled
  Timer interval: 30 seconds
```

3.3.4 配置 Errdisable 摆动抑制

3.3.4.1 配置步骤

表 3-19 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# errdisable flap reason link-flap 20 60	设置 Errdisable 最大链路震荡次数为 20 次、每秒钟可以震荡的次数为 60 次	缺省情况下，Errdisable 最大链路震荡的次数为 10 次，取值范围为 1~100；默认

命令举例	操作	说明
		每秒可以震荡的次数为 10 次，取值范围为 1~120
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

3.3.4.2 查看 Errdisable 链路震荡信息

表 3-20 显示 Errdisable 链路震荡信息

命令	操作	说明
show errdisable flap	显示 Errdisable 链路震荡信息	-

显示 Errdisable 链路震荡信息：

```
Switch# show errdisable flap
ErrDisable Reason      Flaps    Time (sec)
-----------------      ------   ----------
link-flap              20       60
```

3.3.5 控制接口进入 Errdisable 状态功能

管理员可以通过该命令来控制在接口发生 MAC flap 的时候是否进入 Errdisable 状态。

表 3-21 配置方法

命令举例	操作	说明
Switch# configure	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
terminal		
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)#no errdisable	配置接口发生 MAC flap 时，不进入 Errdisable 状态	缺省情况下，在指定的接口下执行该命令，发生 Mac flap 的时候该接口为开启状态
Switch(config-if)#errdisable	配置接口发生 MAC flap 时，进入 Errdisable 状态	

3.3.6 查看 Errdisable 状态

管理员可以通过两种命令来检查接口 Errdisable 状态，具体参照下面表格中的命令和配置说明。

表 3-22 查看接口 Errdisable 状态

命令	操作	说明
show errdisable recovery	显示 errdisable 恢复	-
show interface status	显示接口状态	-

如果使能 Errdisable 恢复，命令行将显示恢复所剩时间，否则将显示没有恢复。

- 例1：使能Errdisable链路摆动抑制

```
Switch# show errdisable recovery
```

```
ErrDisable Reason      Timer Status
----------------      --------------
bpduguard             Disabled
bpduloop              Disabled
link-monitor-failure  Disabled
oam-remote-failure    Disabled
port-security         Disabled
link-flap             Enabled
udld                  Disabled
fdb-loop              Disabled
loopback-detection    Disabled
Timer interval: 300 seconds
Interfaces that will be enabled at the next timeout:
Interface Errdisable Reason Time Left(sec)
--------- ---------------- -------------
eth-0-3   link-flap        25
```

- 例2：去使能Errdisable链路摆动抑制

```
Switch# show errdisable recovery
  ErrDisable Reason      Timer Status
  ----------------      --------------
  bpduguard             Disabled
  bpduloop              Disabled
  link-monitor-failure  Disabled
  oam-remote-failure    Disabled
```

```
port-security        Disabled
link-flap            Disabled
udld                 Disabled
fdb-loop             Disabled
loopback-detection   Disabled
Timer interval: 300 seconds
```

用户还可以使用接口状态命令来查看接口的 Errdisable 状态，该命令对接口的 Errdisable 状态有简短的描述。例如：

```
Switch# show interface status

Port     Status    Duplex  Speed   Mode   Type      Description
--------------------------------------------------------------------
eth-0-1  up        a-full  a-1000  TRUNK  1000BASE_SX
eth-0-2  down      auto    auto    TRUNK  Unknown
eth-0-3  errdisable a-full  a-1000  TRUNK  1000BASE_SX
eth-0-4  down      auto    auto    ACCESS Unknown
```

3.4 MAC 地址表配置

3.4.1 简介

Media Access Control（MAC），即媒体访问控制。MAC 地址表中包含交换机端口之间转发流量的地址信息，交换机可以根据地址表将数据帧传输到指定的主机中。如果 MAC 地址表中有数据帧的目标 MAC 地址对应的表项，则会通过该表项中的出接口将数据帧转发出去，即单播方式；反之，如果 MAC 地址表中没有数据帧的目标 MAC 地址对应的表项，则将该数据帧通过所属 VLAN 内除接收接口之外的所有接口转发出去，即广播方式。

3.4.1.1 MAC 地址表的分类

MAC 地址表包括的地址类型如下：

- 动态地址：由接口通过报文中的源地址学习获得，如果该地址在老化时间后未学习到，进入老化状态。
- 静态地址：由管理员手动添加源地址，表项不会老化。
- 黑洞地址：由用户手动配置，配置黑洞 MAC 地址后，源 MAC 地址或目的 MAC 地址是该 MAC 地址的报文则会被丢弃，表项不会老化。

3.4.1.2 参考

MAC 地址表参考以下标准文档：

IEEE 802.1D

IEEE 802.1Q

3.4.1.3 术语解释

以下是用来形容 MAC 地址表中的术语和概念的简要描述：

- **IVL**：独立VLAN学习：对于一个给定的VLAN，如果某个特定的MAC地址是在一个VLAN学习的，它不能被作为任何其他VLAN地址转发决策。
- **SVL**：共享VLAN学习：对于一个给定的VLAN，如果某个特定的MAC地址是在一个VLAN中学习的，它可以作为任何其他VLAN地址转发决策。



说明

目前设备只支持独立 VLAN 的学习模式。

3.4.2 配置 MAC 地址表

本小节介绍了 MAC 地址表的相关配置步骤和验证方法，用户可以根据实际情况进行配置。

3.4.2.1 配置地址老化时间

地址老化时间不是精确的时间。如果老化时间设置为 N，动态地址将在 N - 2N 间隔后老化。

i. 配置步骤

表 3-23 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac-address-table ageing-time 10	设置动态地址老化时间为 10 秒	取值范围为 0，10~1000000，单位：秒，“0”表示 MAC 表不老化；默认的老化时间为 300 秒
Switch(config)# end	退出至 EXEC 模式	-

说明

如果没有连续地收到报文，用户可以增加老化时间的值使得设备能够保留更长的时间的动态条目。增加老化时间可以减少主机重复发送报文而引起广播风暴的可能性。

ii. 显示地址老化时间

表 3-24 显示地址老化时间

命令	操作	说明
show mac address-table ageing-time	显示地址老化时间	-

查看地址老化时间：

```
Switch# show mac address-table ageing-time

    MAC address table ageing time is 10 seconds
```

3.4.2.2 配置静态单播地址

单播地址表只能在一个端口上绑定。

i. 配置步骤

表 3-25 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac-address-table 0000.1234.5678 forward eth-0-1 vlan 1	添加静态单播地址	通过该命令配置的静态条目不受老化时间限制
Switch(config)# end	退出至 EXEC 模式	-
Switch# show mac address-table	显示 MAC 地址表	-

ii. 显示单播MAC地址表

表 3-26 显示单播 MAC 地址表

命令	操作	说明
show mac address-table	显示单播 MAC 地址表	-

查看单播 MAC 地址表：

```
Switch# show mac address-table

    Mac Address Table

    ------------------------------------------

    (*) - Security Entry

    Vlan    Mac Address     Type     Ports

    ----    --------------    -------    --------

    1     0000.1234.5678   static    eth-0-1
```

3.4.2.3 配置静态组播地址

组播地址可以绑定在多个端口上。

i. 配置步骤

表 3-27 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac-address-table 0100.0000.0000 forward eth-0-1 vlan 1	在接口 eth-0-1 添加静态组播地址	通过该命令配置的静态条目不受老化时间限制

命令举例	操作	说明
Switch(config)# mac-address-table 0100.0000.0000 forward eth-0-2 vlan 1	在接口 eth-0-2 添加静态组播地址	
Switch(config)# end	退出至 EXEC 模式	-

ii. 显示组播MAC地址表

表 3-28 显示组播 MAC 地址表

命令	操作	说明
show mac address-table	显示组播 MAC 地址表	-

查看组播 MAC 地址表：

```
Switch# show mac address-table

  Mac Address Table

------------------------------------------

(*) - Security Entry

Vlan    Mac Address      Type       Ports

----    --------------     -------     -------

1    0100.0000.0000    static    eth-0-1

                       eth-0-2
```

3.4.2.4 配置 MAC 地址过滤

当用户启用了此功能，设备会对源 MAC 地址或者目的 MAC 地址进行过滤，丢弃特定的单播地址，停止转发。

i. 配置步骤

表 3-29 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac-address-table 0000.1234.5678 discard	添加单播地址被丢弃	设备不支持组播 MAC 地址、广播 MAC 地址和路由 MAC 地址。转发到 CPU 上的报文同样不支持
Switch(config)# end	退出至 EXEC 模式	-

ii. 显示MAC地址过滤条目

表 3-30 显示 MAC 地址过滤条目

命令	操作	说明
show mac-filter address-table	显示所有 mac-filter 的条目总数	-

查看所有 mac-filter 的条目总数：

```
Switch# show mac-filter address-table
```

```
    MAC Filter Address Table

---------------------------------

Current count     : 0

Max count         : 128

Left count        : 128

Filter address list :

---------------------------------
```

3.4.2.5 清除 MAC 地址条目

配置此命令，可以删除所有的动态（或静态或组播）条目或根据接口/MAC 地址/VLAN 删除部分动态(或静态或组播)条目。下面以删除特定 MAC 地址的动态条目为例。

表 3-31 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch# clear mac address-table dynamic address 0008.0070.0007	删除特定 MAC 地址的动态条目	-
Switch(config)# end	退出至 EXEC 模式	-

3.5 VLAN 配置

3.5.1 简介

传统的以太网以共享介质为基础，使所有的用户处于同一个广播域中，导致网络性能变差、冲突严重、广播泛滥等。通过部署交换式的以太网，可以解决冲突问题，但是对于广播风暴的控制、网络安全的提高和网络质量的提升，还需要使用虚拟局域网（Virtual Local Area Network，缩写：VLAN）技术。

VLAN 是将一个物理的 LAN 在逻辑上分割成不同广播域的通信技术，使数据包只能在被指定为同一个 VLAN 的端口之间进行交换。每个 VLAN 都可以被视为一个逻辑网络，目的地不属于同一个 VLAN 的数据包必须通过路由转发。

VLAN 技术具有以下优点：

- 有利于广播风暴的控制。一个物理的LAN划分为多个逻辑的VLAN,即一个VLAN享有一个广播域，不会影响其他VLAN,互不干扰。
- 有利于增强网络的安全性。由于用户处于不同的VLAN，报文传输时也是相互隔离的，无法和其他VLAN内的用户直接进行通信。
- 有利于网络的稳定性。故障发生时，一个VLAN内的故障不会影响到其他VLAN的使用。
- 有利于轻松地管理网络。网络管理员在管理网络时更加便捷，在短时间内使用命令建立一个工作组，各地的成员都可以灵活地使用VLAN网络。

3.5.2 配置 VLAN 的基本属性

3.5.2.1 进入/退出 VLAN 配置模式

表 3-32 进入/退出 VLAN 配置模式

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式	-

3.5.2.2 配置 VLAN 特性

表 3-33 配置 VLAN 特性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 11	创建 VLAN 11	缺省情况下，默认为 VLAN 1，不可删除。所有接口默认都添加到 VLAN1 中
Switch(config-vlan)# vlan 11 name vlan11 state enable	（可选）创建 VLAN 11 并且命名为“vlan11”	
Switch(config-vlan)# vlan 100,200,300-400	添加 VLAN 序列“100,200,300-400”	VLAN 序列以‘-’和‘,’符号相连接，VLAN 的值的范围在 1~4094 之间，并且 VLAN 序列的值需要符合升序的原则

命令举例	操作	说明
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式	-

3.5.3 配置 VLAN 桥功能

通过使用命令可以关闭特定 VLAN 上的桥功能，使该 VLAN 丢弃所有通过的二层报文。下面介绍了关闭/开启 VLAN 桥功能的方法。

表 3-34 开启/关闭 VLAN 桥功能

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 2 bridge disable	关闭 VLAN 2 上的桥功能	VLAN 标识取值范围为 1~4094；默认情况下，VLAN 上的桥功能处于开启状态
Switch(config-vlan)# no vlan 2 bridge disable	开启 VLAN 2 上的桥功能	

3.5.4 配置 VLAN 流量统计功能

在 VLAN 配置模式下，可以使能 VLAN 流量统计功能，可以统计经过特定 VLAN 的报文总个数。用户还可以配置 VLAN 统计报文的间隔时间。

3.5.4.1 开启/关闭 VLAN 流量统计功能

表 3-35 开启/关闭 VLAN 流量统计功能

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 2 statistics enable	使能 VLAN 2 上的统计功能	缺省情况下，VLAN 流量统计功能处于关闭状态
Switch(config-vlan)# no vlan 2 statistics enable	去使能 VLAN 2 上的统计功能	

3.5.4.2 配置 VLAN 流量统计间隔时间

表 3-36 配置 VLAN 流量统计间隔时间

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan statistics interval 20	配置 VLAN 统计间隔时间为 20 秒	间隔时间的取值范围为 5~600，单位：秒；缺省情况下，系统默认 VLAN 流量统计的间隔时间为 10 秒

3.5.4.3 显示 VLAN 流量统计信息

表 3-37 显示 VLAN 流量统计信息

命令	操作	说明
show vlan *vlan-id* **statistics**	查看 VLAN 流量统计信息	-

查看 VLAN2 的流量统计信息：

```
Switch# show vlan 2 statistics

VLAN: 2

------------------------------------------------------------

Item                    Packets

------------------------------------------------------------

Inbound:                3654365

Outbound:               3654365

------------------------------------------------------------
```

3.5.4.4 清除 VLAN 流量统计信息

配置此命令，可以清除指定 VLAN 端口的流量统计信息。

表 3-38 清除 VLAN 流量统计信息

命令举例	操作	说明
Switch# clear vlan 2 statistics	清空 VLAN2 的统计信息	-

3.5.5 配置基于端口的 VLAN

基于端口划分 VLAN 是应用最为广泛、最有效的一种方法。网络管理员将设备的不同端口重新分配组合，指定端口加入不同的逻辑网段中即可。

3.5.5.1 配置基于 Access 端口的 VLAN

表 3-39 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时,必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 2	创建 VLAN 2	-
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode access	设置接口类型为 Access	access 模式用来连接到终端设备，如：PC。当接口模式更改时，该接口上学习到的动态 MAC 地址和配置的静态地址都将被清空

命令举例	操作	说明
Switch(config-if)# switchport access vlan 2	指定端口到相应的 VLAN	默认将接口添加到 VLAN 1 中;配置该命令前需要使用 **switchport mode access** 命令将接口设置成 access 接口类型
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.5.5.2 配置基于 Trunk 端口的 VLAN

Trunk 端口能接收标记、无标记的、优先级标记的帧，并发送未标记和标记的帧。如果端口收到一个未标记的帧，此帧将分配端口的 PVID 为 VLAN ID；如果一个帧的 VID 与端口的 PVID 相等，此帧发送时会剥掉 VLAN 标签。

表 3-40 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10,20	创建 VLAN10，20	VLAN 序列以‘-’和‘,’符号相连接，VLAN 的值的范围在 1~4094 之

命令举例	操作	说明
		间，并且 VLAN 序列的值需要符合升序的原则
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置端口为 Trunk 模式	Trunk 模式可以用来连接其它交换设备，也可以连接主机设备。当接口模式更改时，该接口上学习到的动态 MAC 地址和配置的静态地址都将被清空
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	设置端口允许所有的 VLAN 通过	默认 Trunk 口禁止所有 VLAN 通过。如果仅配置 **switchport mode trunk** 命令，未配置 **switchport trunk allowed vlan all** 命令，默认只允许 VLAN 1 通过
Switch(config-if)# switchport trunk native vlan 10	设置端口的本地 VLAN 为 10	VLAN ID 取值范围为 2~4094；默认 native VLAN 为 VLAN 1
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-

3.5.5.3 配置基于 Hybrid 端口的 VLAN

与 Trunk 端口一致，Hybrid 端口也能够发送和接收没有 tag 报文的本地 VLAN。

表 3-41 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式	当要创建或删除一个 VLAN 时，必须首先使用该命令进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10,20	创建 VLAN10，20	VLAN 序列以‘-’ 和‘,’符号相连接，VLAN 的值的范围在 1~4094 之间，并且 VLAN 序列的值需要符合升序的原则
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode hybrid	设置端口为 Hybrid 模式	Hybrid 模式用来连接到终端设备，如：PC。当接口模式更改时，该接口上学习到的动态 MAC 地址和配置的静态地址都将被清空

命令举例	操作	说明
Switch(config-if)# switchport hybrid allowed vlan add 11	允许来自 VLAN 11 的报文通过 Hybrid 接口	-
Switch(config-if)# switchport hybrid native vlan 10	设置端口的本地 VLAN 为 10	默认将接口添加到 VLAN 1 中；VLAN ID 取值范围为 2~4094
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-

3.5.5.4 显示 VLAN 相关配置

表 3-42 显示 VLAN 相关配置

命令	功能	说明
show vlan *vlan-id*	显示特定 VLAN 的信息	-
show vlan all	显示所有 VLAN 的信息	-
show vlan brief	显示所有设备 VLAN 的简要信息	VLAN 的简要信息包括静态和动态信息
show interface switchport [**interface** *if-name*]	显示特定交换接口或所有交换接口的 VLAN 配置信息	-

i. 显示所有设备VLAN的简要信息：

```
Switch# show vlan brief
VLAN ID  Name          State   STP ID     Member ports
                                          (u)-Untagged, (t)-Tagged
=======  ===============  =======  =======  ========================
```

```
1    default      ACTIVE  0     eth-0-1(t) eth-0-3(u)
                                 eth-0-4(u) eth-0-5(u)
                                 eth-0-6(u) eth-0-7(u)
                                 eth-0-8(u) eth-0-9(u)
                                 eth-0-10(u) eth-0-11(u)
                                 eth-0-12(u) eth-0-13(u)
                                 eth-0-14(u) eth-0-15(u)
                                 eth-0-16(u) eth-0-17(u)
                                 eth-0-18(u) eth-0-19(u)
                                 eth-0-20(u) eth-0-21(u)
                                 eth-0-22(u) eth-0-23(u)
10   VLAN0010     ACTIVE  0     eth-0-1(t) eth-0-2(u)
20   VLAN0020     ACTIVE  0     eth-0-1(t)
```

ii. 显示特定交换接口的VLAN配置信息：

```
Switch# show interface switchport interface eth-0-1

Interface name        : eth-0-1

Switchport mode       : access

Ingress filter        : enable

Acceptable frame types  : vlan-untagged only

Default Vlan          : 2

Configured Vlans      :  2
```

iii. 显示所有交换接口的VLAN配置信息：

```
Switch# show interface switchport

    Interface name        : eth-0-1
    Switchport mode       : trunk
    Ingress filter        : enable
    Acceptable frame types  : all
    Default Vlan          : 10
    Configured Vlans      :  1   10   20
    Interface name        : eth-0-2
    Switchport mode       : access
    Ingress filter        : enable
    Acceptable frame types  : vlan-untagged only
    Default Vlan          : 10
    Configured Vlans      :  10
```

3.5.6 配置 VLAN Classification

3.5.6.1 概述

VLAN 分类是基于协议或子网标准的具体规则将数据包发送到选定的 VLAN。每一个接口可以应用一种规则集。

VLAN 分类规则有 3 种类型：基于 MAC、基于 IP 和基于协议的分类。基于 MAC 的 VLAN 分类规则是根据传入数据包的源 MAC 地址将数据包进行分类；基于 IP 的 VLAN 分类规则将根据传入数据包的源 IP 地址进行分类；基于协议的 VLAN 分类规则将根据数据包的三层协议类型进行分类，以下三层类型可以支持 ARP、IP（V4）、MPLS、MCAST MPLS、PPPoE 协议和 RARP。

不同类型的 VLAN 分类规则，可以添加到同一 VLAN 的分类组。只有一个 VLAN 分类规则可以在一个交换机端口生效。

3.5.6.2 VLAN Classification 配置举例

i. 介绍

在下面配置的例子中，创建三个 VLAN 分类规则：

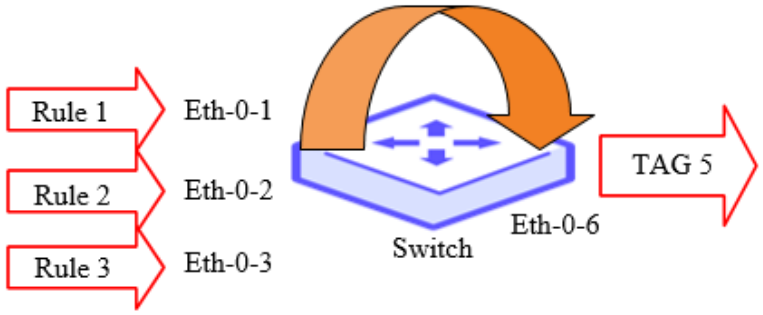
- 第 1 条是基于 MAC 的规则，它将源 MAC 2222.2222.2222 分类到 VLAN 5；
- 第 2 条是基于 IP 的规则，它将源 IP 1.1.1.1 分类到 VLAN 5；
- 第 3 条是基于协议的规则，它将 ARP 的协议数据包分类到 VLAN 5。

把规则 1、2、3 加入到组 31，并且在三个接口上应用组 31。在 eth-0-1、eth-0-2 和 eth-0-3 三个接口上应用不同的分类策略。

- eth-0-1 基于IP分类，意味着匹配IP的数据包在这个接口上将转发到规则对应的VLAN；
- eth-0-2 基于MAC分类，意味着匹配MAC地址的数据包将转发到规则对应的VLAN；
- eth-0-3 基于协议的分类，意味着匹配协议的数据包将转发到规则对应的VLAN。

ii. 拓扑

图 3-1 VLAN Classification 示意图



iii. 配置步骤

1.创建 VLAN 分类规则并应用到组

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 模式
Switch(config-vlan)# vlan 5	创建 VLAN5
Switch(config-vlan)# vlan 6	创建 VLAN6
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 模式
Switch(config)# vlan classifier rule 1 mac 2222.2222.2222 vlan 5	创建基于 MAC 的 VLAN 分类规则
Switch(config)# vlan classifier rule 2 ip 1.1.1.1 vlan 5	创建基于 IP 的 VLAN 分类规则
Switch(config)# vlan classifier rule 3 protocol arp vlan 5	创建基于协议的 VLAN 分类规则
Switch(config)# vlan classifier group 31 add rule 1	把规则 1 加入到组 31
Switch(config)# vlan classifier group 31 add rule 2	把规则 2 加入到组 31
Switch(config)# vlan classifier group 31 add rule 3	把规则 3 加入到组 31

2.在接口上应用组并配置 VLAN 划分类型

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 6	将 PVID 6 指定给 eth-0-1
Switch(config-if)# switchport access allowed vlan add 5	接口上允许 VLAN5 通过
Switch(config-if)# vlan classifier activate 31 based ip	接口上应用组 31 并且设置接口 VLAN 分类类型为基于 IP 分类
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 6	将 PVID 6 指定给 eth-0-2
Switch(config-if)# switchport access allowed vlan add 5	接口上允许 VLAN5 通过
Switch(config-if)# vlan classifier activate 31 based mac	接口上应用组 31 并且设置接口 VLAN 分类类型为基于 MAC 分类
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 6	将 PVID 6 指定给 eth-0-3

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# switchport access allowed vlan add 5	接口上允许 VLAN5 通过
Switch(config-if)# vlan classifier activate 31 based protocol	接口上应用组 31 并且设置接口 VLAN 分类类型为基于协议分类
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-6	进入接口配置模式
Switch(config)#switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 模式
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 5	将 eth-0-6 加入到 VLAN5 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

iv. 命令验证

命令	操作	说明
show vlan classifier rule [*rule-number*]	显示分类规则的信息	rule-number：分类规则的标识，取值范围 0～4095
show vlan classifier group [*group-number*]	显示 VLAN 分类规则组的信息	group-number: VLAN 分类规则组标识，取值范围 0~31
show vlan classifier	显示接口上配置的 VLAN 分	group-number:

命令	操作	说明
interface group [*group-number*]	类信息	VLAN 分类规则组标识，取值范围 0~31

- 显示分类规则的信息：

```
Switch# show vlan classifier rule

    vlan classifier rule 1 mac 2222.2222.2222 vlan 5
    vlan classifier rule 2 ip 1.1.1.1 vlan 5
    vlan classifier rule 3 protocol arp vlan 5
```

- 显示VLAN分类规则组的信息：

```
Switch# show vlan classifier group

    vlan classifier group 31 add rule 1
    vlan classifier group 31 add rule 2
    vlan classifier group 31 add rule 3
```

- 显示接口上配置的VLAN分类信息：

```
Switch# show vlan classifier interface group

    vlan classifier group 31 on interface eth-0-2, based mac
    vlan classifier group 31 on interface eth-0-1, based ip
    vlan classifier group 31 on interface eth-0-3, based protocol
```

3.6 链路聚合配置

3.6.1 简介

链路聚合（Link Aggregation，缩写：LA）指将多条物理链路汇聚在一起，形成一条逻辑链路，实现增加链路带宽及提高链路可靠性的目的。

本章介绍了一个链路聚合控制协议（LACP）配置示例。LACP 是基于 IEEE802.3ad 规范的协议，能够实现链路动态汇聚。它允许多个物理接口的捆绑，形成一个单一的逻辑通道，提供增强的性能和冗余。聚合接口被视为单一链路与交换机相连，生成树将它视为一个接口。当有一个物理接口出现故障，其他接口正常连接，链路不会中断，可以在单一的逻辑通道上支持最多 16 个物理以太网链路。LACP 协议使设备可以管理与符合 IEEE802.3ad 的协议的其他设备之间的链路聚合组。使用 LACP 协议，交换机学习支持 LACP 成员识别的每个端口的能力。然后，具有相同的属性动态组端口捆绑到一个单一逻辑链路。

3.6.1.1 基本概念

1. 聚合组、成员端口

由链路聚合而成的逻辑链路称为一个聚合组，在一个聚合组内有若干个以太网接口，这些捆绑的以太网接口即该聚合组的成员端口。

2. 成员端口的状态

聚合组内的成员端口有两种状态：Selected 状态（也称为活动状态、Active 状态）和 Unselected 状态（也称为非活动状态、Backup 状态、Standby 状态）。处于 Selected 状态的成员端口可以转发数据，而处于 Unselected 状态的成员端口不能转发数据。

3. 操作Key

所有成员端口都有一个操作 key，它是结合了成员端口的信息自动生成的，如端口速率、双工模式、UP/DOWN 状态、协议类配置等。协议类的配置包括生成树、MAC 地址学习等。

4. 聚合模式

链路聚合模式有两种：静态聚合模式与动态聚合模式。静态聚合又称为手工聚合，需要分别在聚合链路的两端设备配置聚合组，并加入成员端口，在这一过程中没有 LACP 协议的应用，两端的设备不交互聚合信息；动态聚合一般指静态 LACP 聚合，也需要手工创建聚合组，开启 LACP 协议并加入成员端口，两端的设备通过互发链路聚合控制协议数据单元（Link Aggregation Control Protocol Data Unit，缩写：LACPDU）来交互链路聚合的信息。

3.6.1.2 静态聚合模式

静态聚合模式的工作机制如下：

首先，需要选择参考端口，在聚合组的所有成员端口中，端口号最小的端口称为参考端口。参考端口为 Selected 状态，其他的成员端口和参考端口的操作 Key 一致，均为 Selected 状态且不超过静态聚合组内选中端口的最大数量。如果成员端口的数量大于能够配置的最大端口数量，按照端口号从小到大的排序方式优先选择 Selected 状态的端口，其余的端口则为 Unselected 端口。

3.6.1.3 动态聚合模式

动态聚合模式的工作机制如下：

动态聚合模式由聚合链路的两端交换机通过聚合组内所有成员端口，向对端发送 LACP 报文来实现。同样需要选择参考端口，可以从聚合端口两端端口状态为 UP 的成员端口中选出，其他成员端口将参照端口的操作 Key，若和参考端口一致，则可以被选中参与数据转发。

LACP 报文的主要内容有设备 ID，端口 ID 和操作 Key。设备 ID 由系统的 LACP 优先级和 MAC 地址构成，端口 ID 由优先级和端口号构成。

首先，比较聚合链路两端的设备 ID，选择较小的一端，再比较 LACP 优先级。如果 LACP 优先级相同，再来比较 MAC 地址。LACP 优先级的值和 MAC 地址越小，设备 ID 也越小。

确定了较小的设备 ID 后，需要比较聚合组内各成员端口的端口 ID。比较端口的优先级后，优先级相同的情况下，再比较端口号。端口的优先级数值和端口号越小，端口 ID 也越小。端口 ID 最小、操作 Key 与参考端口一致，且不超过动态聚合组内选中端口的最大数量时，两端均为 Selected 状态。

说明

所有成员端口退出聚合组后，聚合端口不会被删除。如需删除聚合端口，可使用 **no interface agg** 命令。

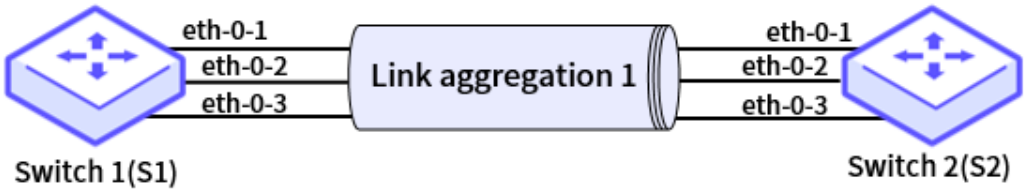
3.6.2 配置聚合组

本小节介绍配置静态聚合模式与动态聚合模式聚合组的方法。

3.6.2.1 拓扑

如下图所示，两个交换机 Switch（S1）和 Switch（S2）之间配置三条以太网物理链路。这三个链路都分配在同一个聚合组，使他们能聚合形成一个逻辑链路 Link Aggregation 1。

图 3-2 链路聚合示意图



3.6.2.2 配置静态链路聚合组

配置两端的交换机 Switch1 和 Switch2 的静态聚合组，下表以 Switch1 为例。

表 3-43 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch1(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch1(config-if)# static-channel-group 1	添加接口 eth-0-1 到静态聚合组 channel group 1	静态聚合组 ID 的取值范围 为 1~55
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch1(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)# static-channel-group 1	添加接口 eth-0-2 到静态聚合组 channel group 1	静态聚合组 ID 的取值范围 为 1~55
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch1(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)# static-channel-group 1	添加接口 eth-0-3 到静态聚合组 channel group 1	静态聚合组 ID 的取值范围 为 1~55
Switch1(config-if)# no	配置端口为 UP 状态	-

命令举例	操作	说明
shutdown		
Switch1(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.6.2.3 配置动态链路聚合组

配置两端的交换机 Switch1 和 Switch2 的动态聚合组，下表以 Switch1 为例。

表 3-44 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch1(config)# lacp system-priority 2000	配置系统的 LACP 协议优先级	默认优先级为 32768。数值越低，优先级越高
Switch1(config)# port-channel load-balance hash-field-select macsa	通过源 MAC 地址实现负载均衡	系统默认 IP hash，即根据报文的源和目的 IP 地址使用 hash 的方式决定报文传输的 LACP 成员端口。用户还可以选择根据目的 MAC、源 MAC、源 MAC 和目的 MAC 相结合来做 hash；或者根据目的 IP、源 IP 来做 hash
Switch1(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)# no	配置端口为 UP 状态	-

命令举例	操作	说明
shutdown		
Switch1(config-if)# channel-group 1 mode active	添加接口 eth-0-1 到 channel group 1，启用动态链路聚合，模式为主动模式。因此可以通过本地系统选择聚合	动态聚合组 ID 的取值范围范围为 1~55；LACP 的工作模式分为 active（使能接口的动态链路聚合）和 passive（去使能接口的动态链路聚合）
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch1(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)# channel-group 1 mode active	添加接口 eth-0-2 到 channel group 1 启用动态链路聚合	动态聚合组 ID 的取值范围范围为 1~55；LACP 的工作模式分为 active（使能接口的动态链路聚合）和 passive（去使能接口的动态链路聚合）
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch1(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch1(config-if)# channel-group 1 mode active	添加接口 eth-0-3 到 channel group 1，启用动态链路聚合	动态聚合组 ID 的取值范围范围为 1~55；LACP 的工作模式分为 active（使能接口的动态链路聚合）和 passive（去使能接口的动态链路聚合）
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch1(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.6.2.4 显示链路聚合组信息

表 3-45 显示链路聚合组信息

命令	操作	说明
show channel-group [*channel-group-number*] **summary**	显示所有的聚合组或者指定的聚合组的配置信息	聚合组 ID 的取值范围为 1～55

- 显示所有静态聚合组的配置信息：

```
Switch1# show channel-group summary

  port-channel load-balance hash-arithmetic: xor
  port-channel load-balance hash-field-select:
    macsa
```

```
Flags:  s - suspend        T - standby
        D - down/admin down   B - in Bundle
        R - Layer3         S - Layer2
        w - wait           U - in use
Mode:   SLB  - static load balance
        DLB  - dynamic load balance
        SHLB - self-healing load balance
        RR   - round robin load balance
Aggregator Name  Mode     Protocol    Ports
---------------+---------+-----------+-----------------------------------------
agg1(SU)       SLB      Static       eth-0-1(B) eth-0-2(B) eth-0-3(B)
```

- 显示所有动态聚合组的配置信息：

```
Switch1# show channel-group summary

port-channel load-balance hash-arithmetic: xor
port-channel load-balance hash-field-select:
   macsa
Flags:  s - suspend        T - standby
        D - down/admin down   B - in Bundle
        R - Layer3         S - Layer2
        w - wait           U - in use
Mode:   SLB  - static load balance
        DLB  - dynamic load balance
        SHLB - self-healing load balance
        RR   - round robin load balance
Aggregator Name  Mode     Protocol    Ports
```

```
----------------+---------+------------+-----------------------------------------
agg1(SU)        SLB     LACP        eth-0-1(B) eth-0-2(B) eth-0-3(B)
```

3.7 流量控制配置

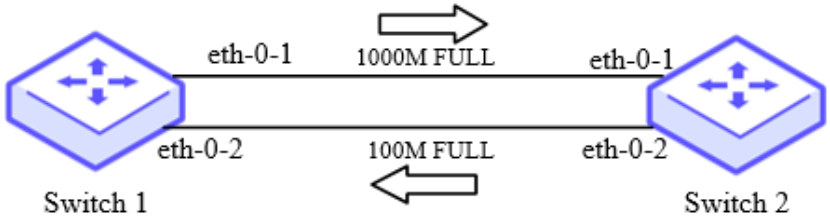
3.7.1 简介

流量控制即防止丢包现象的技术。该技术在直连的以太端口上启用，在拥塞期间允许另一端拥塞的节点暂停链路运作来控制流量速率。当本地设备在本地检测到了任何拥塞，他能够发送一个暂停帧通知链路伙伴或者远程设备已发生拥塞。紧随收到暂停帧之后，远程设备停止发送任何数据包，这样防止在拥塞期间丢弃任何一个数据包。在自协商链路上，本地的流控制能力能通过链路断开/连接来通知对方。

3.7.2 配置流量控制

3.7.2.1 拓扑

图 3-3 流量控制拓扑图



3.7.2.2 配置发送流量控制报文

表 3-46 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch2(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch2(config-if)# flowcontrol send on	在端口使能发送流量控制报文	缺省情况下，不启用发送流量控制报文功能
Switch2 (config-if)# exit	返回全局配置模式	-

3.7.2.3 配置接收流量控制报文

表 3-47 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch1(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)# flowcontrol receive on	在端口使能接收流量控制报文	缺省情况下，不启用接收流量控制报文功能
Switch1(config-if)# exit	返回全局配置模式	-

说明

流控制仅在物理接口的全双工链路下有效。

3.7.2.4 显示流量控制报文信息

表 3-48 显示流量控制报文信息

命令	操作	说明
show flowcontrol [*if-name*]	查看指定端口或全部端口的流量控制报文信息	-

- 查看全部端口发送流量控制报文的信息：

```
Switch2# show flowcontrol

  Port     Receive FlowControl  Send FlowControl   RxPause     TxPause
           admin   oper         admin   oper
  -------- -------- --------    -------- -------- ----------- -----------
  eth-0-1  off     off          on      on       0           0
  eth-0-2  off     off          off     off      0           0
  eth-0-3  off     off          off     off      0           0
```

- 查看指定端口发送流量控制报文的信息：

```
Switch2# show flowcontrol eth-0-1

  Port     Receive FlowControl  Send FlowControl   RxPause     TxPause
           admin   oper         admin   oper
  -------- -------- --------    -------- -------- ----------- -----------
  eth-0-1  off     off          on      on       0           0
```

- 查看全部端口接收流量控制报文的信息：

```
Switch1# show flowcontrol

  Port     Receive FlowControl  Send FlowControl   RxPause     TxPause
           admin    oper        admin    oper
  -------- -------- ----------  -------- ---------- ----------- -----------
  eth-0-1  on       on          off      off        0           0
  eth-0-2  off      off         off      off        0           0
  eth-0-3  off      off         off      off        0           0
```

- 查看指定端口接收流量控制报文的信息：

```
Switch1# show flowcontrol eth-0-1

  Port     Receive FlowControl  Send FlowControl   RxPause     TxPause
           admin    oper        admin    oper
  -------- -------- ----------  -------- ---------- ----------- -----------
  eth-0-1  on       on          off      off        0           0
```

3.8 环回检测配置

3.8.1 简介

网络中的环路会导致设备对广播、组播以及未知单播等报文进行重复发送，造成网络资源的浪费甚至导致网络瘫痪。为了能够及时发现二层网络中的环路，以避免对整个网络造成严重影响，需要提供一种检测功能，使网络中出现环路时能及时通知用户检查网络连接和配置情况，并能够将出问题的接口受控。

环回检测（Loopback Detection）功能可以检测设备的接口是否发生环回，它通过从接口定时发送检测报文，并检测该报文是否会从发出去的接口收到，如果收到从该接口发出的检测报

文，则认为设备的接口存在环路，可以及时通过发送告警信息到网管系统，使管理人员及时发现并解决网络环路问题，避免长时间的网络异常。此外，设备还可以进行接口受控，根据需求选择配置 Trap、关闭接口等处理方式，能迅速将环回对网络的影响降低至最小。

3.8.2 配置使能环回检测

默认情况下，Loopback Detection 功能未使能，使能接口 Loopback Detection 功能后，接口才会发送环回检测报文来进行接口环回检测。默认检测报文发送间隔为 5 秒。

3.8.2.1 配置步骤

表 3-49 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# loopback-detect enable	使能环回检测功能	缺省情况下，去使能环回检测功能
Switch(config-if)#end	退出接口配置模式	-

3.8.2.2 显示环回检测的状态

表 3-50 显示环回检测的状态

命令	操作	说明
show loopback-detect [**interface** *if-name* | **packet-interval**]	查看环回检测的状态	-

查看环回检测的状态：

```
Switch# show loopback-detect
Loopback detection packet interval(second): 5
Loopback detection recovery time(second):  15
Interface      Action        Status
eth-0-2        shutdown      NORMAL
```

3.8.3 配置环回检测报文的发送周期

由于网络时刻处于变化中，因此环回检测是一个持续的过程，接口以一定的时间间隔发送环回检测报文，这个时间间隔即 Loopback Detection 报文发送周期。

3.8.3.1 配置步骤

表 3-51 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# loopback-detect packet-interval 10	设置环回检测报文的发送间隔为 10 秒	取值范围为 1~300，单位：秒；默认环回检测报文的发送间隔为 5 秒
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.8.3.2 显示环回检测报文的发送周期

表 3-52 显示环回检测报文的发送周期

命令	操作	说明
show loopback-detect [**interface** *if-name* | **packet-interval**]	查看环回检测报文发送间隔	-

查看环回检测报文发送间隔：

```
Switch# show loopback-detect packet-interval
Loopback detection packet interval(second): 10
Loopback detection recovery time(second):  30
```

3.8.4 配置环回检测的处理动作

如果发现接口有环回，设备会将该接口设置为处于环回检测工作状态，可配置发送告警、关闭接口等处理动作。

3.8.4.1 配置步骤

表 3-53 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# loopback-detect action shutdown	配置环回检测的处理动作为 shutdown	缺省情况下，环回检测的处理动作为 Trap（发送告警）
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.8.4.2 显示接口的环回检测信息

表 3-54 显示接口的环回检测信息

命令	操作	说明
show loopback-detect [**interface** *if-name* | **packet-interval**]	查看接口上的环回检测状态和配置信息	-

查看接口上的环回检测状态和配置信息：

```
Switch# show loopback-detect interface eth-0-1
Interface      Action        Status
eth-0-1        shutdown      NORMAL
```

3.8.5 配置环回检测的处理动作的延迟间隔

如果发现接口有环回，设备会将该接口设置为处于环回检测工作状态，并开始计时，经过一定时间后再配置发送告警、关闭接口等处理动作。

3.8.5.1 配置步骤

表 3-55 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# loopback-detect delay-time 10	配置处理动作的延迟间隔为 10s	缺省情况下，收到环回报文后处理动作的延迟间隔为 0s
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.8.5.2 显示接口环回检测的状态

见表 3-54。

3.8.6 配置环回检测的恢复动作的延迟间隔

如果发现接口有环回，设备会将该接口设置为处于环回检测工作状态，可配置发送告警、关闭接口等处理动作。设备会对该接口设置处理动作，并开始计数，经过 recovery-time 时间后会尝试恢复接口，若此时接口环回消除，则将恢复该接口为正常状态。

3.8.6.1 配置步骤

表 3-56 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# loopback-detect recovery-time 10	配置接口恢复动作的延迟间隔为 10s	缺省情况下，恢复时间是报文发生周期的 3 倍
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.8.6.2 显示接口的环回检测信息

见表 3-54。

3.8.7 配置对指定 VLAN 的环回检测功能

接口开启 Loopback Detection 功能后，系统默认发送的为 Untagged 检测报文，即不对任何指定 VLAN 进行环回检测。当接口是以 Tagged 方式加入 VLAN 时，接口发出去 Untagged 检

测报文在链路上会被丢弃，接口将收不到环回回来的报文，因此需要配置对指定的VLAN 进行环回检测。

配置对指定 VLAN 的 Loopback Detection 功能，接口会定时发送 1 份 Untagged 检测报文和多份带指定 VLAN Tag 的检测报文，一个接口最多可发送 8 份带指定 VLAN Tag 的检测报文。

3.8.7.1 配置步骤

表 3-57 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# loopback-detect packet vlan 20	配置该接口下 VLAN 20 的环回检测功能	取值范围为 1~4094；缺省情况下，未配置对指定 VLAN 的环回检测功能
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式	-

3.8.7.2 显示对指定 VLAN 的环回检测信息

表 3-58 显示对指定 VLAN 的环回检测信息

命令	操作	说明
show running-config interface *if-name*	查看对指定 VLAN 的环回检测信息	-

查看对指定 VLAN 的环回检测信息：

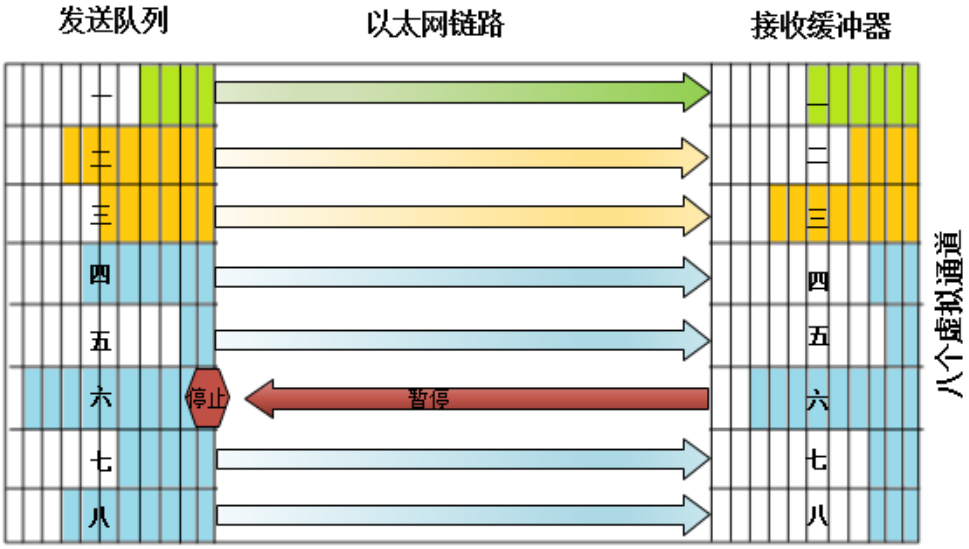
```
Switch# show running-config interface eth-0-1
Building configuration...
!
interface eth-0-1
 loopback-detect enable
loopback-detect packet vlan 2
```

3.9 PFC 配置

3.9.1 简介

基于优先级的流量控制（Priority-based Flow Control，缩写：PFC）是一种更精密的流量控制机制，强化了传统 flow control 机制的功能（如下图）。当前以太网暂停选择（IEEE 802.3 Annex 31B）也能达到无丢包的要求，但它会阻止一条链路上的所有流量，本质上来讲，它会暂停整条链路。PFC 允许在一条以太网链路上创建 8 个虚拟通道，并为每条虚拟通道指定一个 IEEE 802.1p 优先等级，允许单独暂停和重启任意一条虚拟通道，同时允许其它虚拟通道的流量无中断通过。这一机制使网络能够为单个虚拟链路创建无丢包类别的服务，使其能够与同一接口上的其它流量类型共存。

图 3-4 PFC 工作原理



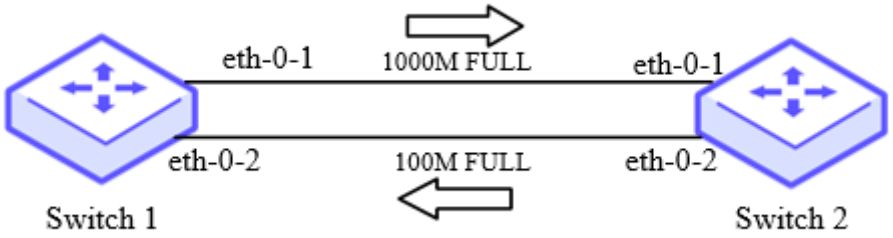
当本端发生拥塞时，设备根据本端接收报文的 802.1p 优先级进行处理。如果接收报文的 802.1p 优先级使能了 PFC 功能，则接收报文并向对端发送 PFC PAUSE 帧，对端设备收到 PFC PAUSE 帧会暂停向本端发送该类报文。此过程会持续直至拥塞结束；如果未使能 PFC 功能，该类报文将直接被丢弃。

3.9.2 配置 PFC 功能

当本端和对端的 PFC 功能均为开启状态时，PFC 功能才会生效。用户可以对报文经过的所有端口配置一致的 PFC 功能，可以避免传输过程中出现丢包的现象。

3.9.2.1 拓扑

图 3-5 PFC 示意图



3.9.2.2 使能 PFC 功能

使能两端的交换机 Switch1 和 Switch2 的 PFC 功能，下面以 Switch1 为例。

表 3-59 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch1(config)# lldp enable	全局使能 LLDP	缺省情况下，未开启该功能
Switch1(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)#lldp enable	在接口下使能 LLDP	缺省情况下，未开启该功能
Switch1(config-if)# lldp tlv 8021-org-specific dcbx	在接口下使能 dcbx tlv	除 Link Aggregation TLV 的所有 IEEE 802.1 TLV 都已使能
Switch1(config-if)# priority-flow-control	在端口 1 上使能 PFC，不与对端协商	缺省情况下，未启用该功能

命令举例	操作	说明
mode on		
Switch1(config-if)# priority-flow-control enable priority 2 3 4	配置在 priority 2 3 4 上使能 PFC	缺省情况下，未启用该功能
Switch1(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式	-
Switch1(config-if)#lldp enable	在接口下使能 lldp	缺省情况下，未开启该功能
Switch1(config-if)# lldp tlv 8021-org-specific dcbx	在接口下使能 dcbx tlv	除 Link Aggregation TLV 的所有 IEEE 802.1 TLV 都已使能
Switch1(config-if)# priority-flow-control mode auto	在端口 2 上使能 PFC，需要与对端协商成功才能启用	缺省情况下，未启用该功能
Switch1(config-if)# priority-flow-control enable priority 2 3 4	配置在 priority 2 3 4 上使能 PFC	缺省情况下，未启用该功能
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式	-

说明

- 基于优先级的流控制仅在物理接口的全双工链路下有效。

- 更多LLDP相关内容请详见网络管理部分的“LLDP配置”

3.9.2.3 显示 PFC 的状态信息

表 3-60 显示 PFC 的状态信息

命令	操作	说明
show priority-flow-control [*if-name*]	查看 PFC 的状态信息	-

查看 PFC 的状态信息：

```
Switch# show priority-flow-control
Port          PFC-enable       PFC-enable on priority
              admin   oper     admin    oper
------------------------------------------------------------
eth-0-1       on      on       234      234
eth-0-2       auto    off      234      234
eth-0-3       off     off      off      off
eth-0-4       off     off      off      off
```

3.10 风暴控制配置

3.10.1 简介

风暴控制是指在指定接口上，通过对接收的最大广播、最大未知组播以及最大未知单播流量进行限制，防止泛洪消耗过多的交换机资源，确保业务正常运行。

可以使用以下两种方式进行风暴控制：

- 百分比模式 (Level)：报文占可用带宽的最大百分比
- 包速率模式 (Packets per second，缩写：PPS)：每秒钟发送报文的最大数量

3.10.2 配置风暴控制

3.10.2.1 使用百分比模式配置风暴控制

表 3-61 使用百分比模式配置风暴控制

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# storm-control unicast level 0.1	设置限制未知单播报文的百分比	取值范围为 0.00~100.00；缺省情况下，未在二层端口上配置风暴控制
Switch(config-if)# storm-control multicast level 1	设置限制组播报文的百分比	
Switch(config-if)# storm-control broadcast level 10	设置限制广播报文的百分比	
Switch(config-if)# end	退出到 EXEC 模式	-

3.10.2.2 使用包速率模式配置风暴控制

表 3-62 使用包速率模式配置风暴控制

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# storm-control unicast pps 1000	设置未知单播报文每秒通过 1000 个	取值范围为 0~1000000000；缺省情况下，未在二层端口上配置风暴控制
Switch(config-if)# storm-control multicast pps 10000	设置组播报文每秒通过 10000 个	
Switch(config-if)# storm-control broadcast pps 100000	设置广播报文每秒通过 100000 个	
Switch(config-if)# end	退出到 EXEC 模式	-

3.10.2.3 显示风暴控制的配置信息

表 3-63 显示风暴控制的配置信息

命令	操作	说明
show storm-control [**interface** *if-name*]	显示风暴控制在接口上的配置信息	-

- 显示风暴控制在接口上的配置信息（百分比模式）：

```
Switch# show storm-control interface eth-0-1

    Port    ucastMode ucastLevel bcastMode bcastLevel mcastMode mcastLevel
    eth-0-1 Level         0.10 Level         10.00 Level         1.00
```

- 显示风暴控制在接口上的配置信息（包速率模式）：

```
Switch# show storm-control interface eth-0-1
```

```
Port    ucastMode ucastLevel bcastMode bcastLevel mcastMode mcastLevel
eth-0-1 PPS       1000       PPS       100000     PPS       10000
```

3.11 MSTP 配置

3.11.1 简介

多生成树（Multiple Spanning Tree，缩写：MST）是把 IEEE 802.1w 的快速生成树（Rapid Spanning Tree，缩写：RST）算法扩展而得到的。MST 能够通过 Trunk 链路建立多个生成树，关联 VLANs 到相关的生成树实例，并且每个生成树实例可以具备区别于其他实例的拓扑结构。MST 提供了多个数据转发路径和负载均衡，提高了网络容错能力。因为一个实例（转发路径）的故障不会影响其他实例（转发路径）。一个生成树实例只能存在于一致的 VLAN 实例分配的桥中，必须用同样的 MST 配置信息来配置一组桥，使这些桥处于同一组生成树实例中，具备同样的 MST 配置信息的互连的桥构成多生成树区（MST Region）。

多生成树协议（Multiple Spanning Tree Protocol，缩写：MSTP）将环路网络修剪成为一个无环的树型网络，避免报文在环路网络中的增生和无限循环，同时还提供了数据转发的多个冗余路径，在数据转发过程中实现 VLAN 数据的负载均衡。MSTP 兼容 STP 和 RSTP，并且可以弥补 STP 和 RSTP 的缺陷。它既可以快速收敛，也能使不同 VLAN 的流量沿各自的路径分发，从而为冗余链路提供了更好的负载分担机制。

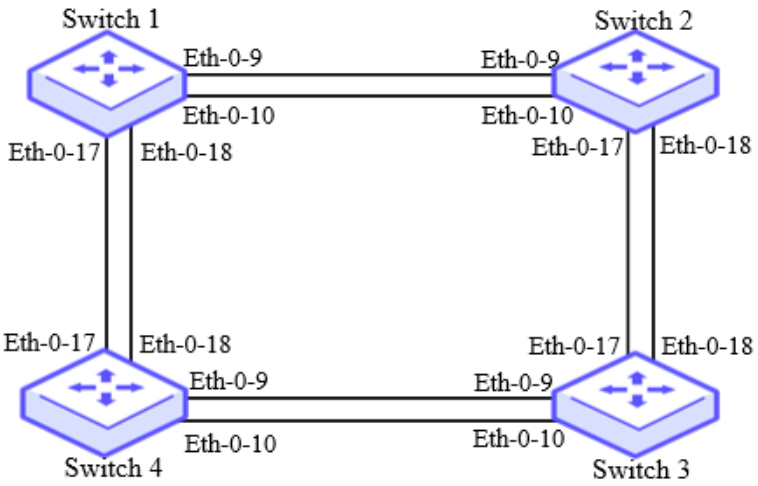
3.11.2 配置 MSTP 基本功能

3.11.2.1 介绍

此配置示例假定您正在运行的二层协议。如果您使用的是非二层协议，必须在每个端口上运行的交换机端口命令来设置二层协议。MSTP 的基本功能包括：配置设备的 MSTP 工作模式、创建 MSTP 域、创建 MSTP 用例、配置 STP 的优先级等。

3.11.2.2 拓扑

图 3-6 MSTP 拓扑示例



3.11.2.3 配置步骤

表 3-64 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree mode mstp	配置 STP 的工作模式	可以配置的工作模式：STP 模式、RSTP 模式或 MSTP 模式；默认为 RSTP 模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 模式	-
Switch(config-vlan)# vlan 10	创建 VLAN10	-
Switch(config-vlan)# vlan 20	创建 VLAN20	-

命令举例	操作	说明
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 模式	-
Switch(config)# spanning-tree mst configuration	进入 MSTP 配置模式	-
Switch(config-mst)# region RegionName	配置 MSTP 的区域名字	默认域名为空字符串
Switch(config-mst)# instance 1 vlan 10	配置 MSTP 的实例 1 关联 VLAN10	在 VLANs 映射到 MST 用例之前，确保已经创建 VLANs，否则配置不会生效；这些 VLANs 被删除时，对应的 MST 用例也将被删除
Switch(config-mst)# instance 2 vlan 20	配置 MSTP 的实例 2 关联 VLAN20	
Switch(config-mst)# exit	退出 MSTP 配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置接口为 Trunk	-
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置 Trunk 允许所有的 VLAN 通过	-
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-	进入接口配置模式	-

命令举例	操作	说明
10		
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置接口为 Trunk	-
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置 Trunk 允许所有的 VLAN 通过	-
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置端口为 Trunk 模式	-
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置 Trunk 允许所有的 VLAN 通过	-
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-18	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置端口为 Trunk 模式	-
Switch(config-if)# switchport	配置 Trunk 允许所有的	-

命令举例	操作	说明
trunk allowed vlan all	VLAN 通过	
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

下表配置了 Switch 1 的 STP 优先级、Switch 2 和 Switch 3 的 STP 用例的优先级值，并全局启用 Switch 1~Switch 4 的 STP 功能。

Switch 1：

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree priority 0	设置 STP 的优先级为 0	STP 优先级的默认值 32768。数值越小，优先级越高
Switch(config)# spanning-tree enable	全局启用 STP 功能	缺省情况下，系统默认关闭 STP

Switch 2：

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)#	配置 STP 实例 1 的优先级	每个用例优先级值默认为

命令举例	操作	说明
spanning-tree instance 1 priority 0	为 0	32768。数值越小，优先级越高
Switch(config)# spanning-tree enable	全局启用 STP 功能	缺省情况下，系统默认关闭 STP

Switch 3：

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree instance 2 priority 0	设置 STP 实例 2 的优先级为 0	每个用例优先级值默认为 32768。数值越小，优先级越高
Switch(config)# spanning-tree enable	全局启用 STP 功能	缺省情况下，系统默认关闭 STP

Switch 4：

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree enable	全局启用 STP 功能	缺省情况下，系统默认关闭 STP

3.11.2.4 显示 MSTP 端口状态

表 3-65 显示 MSTP 端口状态

命令	操作	说明
show spanning-tree mst brief [**interface** *if-name* | **instance** *instance-id*]	显示 MSTP 的简略信息	-

显示 MSTP 的端口的状态：

```
Switch # show spanning-tree mst brief

##### MST   0:  VLANs: 1

Multiple spanning tree protocol Enabled

Root ID    Priority    0 (0x0000)

        Address    2225.fa28.c900

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


Bridge ID   Priority    0 (priority 0 sys-id-ext 0)

        Address    2225.fa28.c900

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

        Aging Time  300 sec
```

```
Interface  Role       State       Cost    Priority.Number  Type   Split    Edgeport
-------------------------------------------------------------------------------------
eth-0-9    Designated Forwarding  20000   128.9            P2p    None     False
eth-0-10   Designated Forwarding  20000   128.10           P2p    None     False
eth-0-17   Designated Forwarding  20000   128.17           P2p    None     False
eth-0-18   Designated Forwarding  20000   128.18           P2p    None     False

##### MST  1:  VLANs: 10
Root ID    Priority     1 (0x0001)
       Address    9c9a.7d91.9f00
       Hello Time  2 sec  Max Age  20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority   32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
       Address    2225.fa28.c900
       Hello Time  2 sec  Max Age  20 sec Forward Delay 15 sec
       Aging Time  300 sec

Interface  Role       State       Cost    Priority.Number  Type   Split
-------------------------------------------------------------------------
```

```
eth-0-9    Rootport     Forwarding     20000        128.9       P2p     None
eth-0-10   Alternate    Discarding     20000        128.10      P2p     None
eth-0-17   Designated   Forwarding     20000        128.17      P2p     None
eth-0-18   Designated   Forwarding     20000        128.18      P2p     None


##### MST   2:  VLANs: 20
Root ID    Priority    2 (0x0002)
        Address     304c.275b.b200
        Hello Time  2 sec  Max Age  20 sec Forward Delay 15 sec


Bridge ID   Priority    32770 (priority 32768 sys-id-ext 2))
        Address     2225.fa28.c900
        Hello Time  2 sec  Max Age  20 sec Forward Delay 15 sec
        Aging Time  300 sec


Interface  Role        State         Cost      Priority.Number   Type    Split
---------------------------------------------------------------------------------
eth-0-9    Alternate    Discarding     20000        128.9       P2p     None
eth-0-10   Alternate    Discarding     20000        128.10      P2p     None
```

```
eth-0-17   Rootport     Forwarding    20000       128.17     P2p    None
eth-0-18   Alternate    Discarding    20000       128.18     P2p    None
```

3.11.3 配置影响 MSTP 收敛的参数

MSTP 吸收了 STP 和 RSTP 的优点，既可以实现快速收敛，又提供了数据转发的各个冗余路径。通过合理配置 MSTP 定时器、BPDU 报文所允许的最大跳数、端口的链路类型等可以更快速地实现拓扑收敛。

3.11.3.1 配置 MSTP 定时器

本小节介绍了如何配置生成树计算的三个时间参数：Forward Time、Hello Time 以及 Max Age。

i. 配置Forward Time时间

Forward Time 时间，即根桥上每个端口从监听状态转化为学习状态或从学习状态转化为转发状态的时间间隔。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree forward-time 16	配置 Forward Time 时间	取值范围为 4～30，单位：秒；默认值是 15 秒。建议配置的时间间隔在 7 秒以上

ii. 配置Hello Time时间

Hello Time 时间，即根桥上定期发送 BPDU 报文的时间间隔。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree hello-time 5	配置 Hello Time 时间	取值范围为 1～10，单位：秒；默认值为 2 秒

iii. 配置Max Age时间

最大超时时间可以用来确定配置消息是否超时，有效地避免了报文环回。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree max-age 12	配置 Max Age 时间	取值范围是 6～40，单位：秒；默认值为 20 秒



说明

为了防止网络频繁发生震荡，配置 Max Age 时间需要遵循以下公式：

- Max Age ⩾ 2 × (Hello Time + 1s)
- Max Age ⩽ 2 × (Forward Time – 1s)

3.11.3.2 配置端口的链路类型

用户可以在端口上配置三种链路类型：auto、point-to- point 以及 shared。

表 3-66 配置端口的链路类型

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# spanning-tree link-type shared	配置 STP 的链路类型为共享链路	缺省情况下，链路类型为 auto

3.11.3.3 配置最大 BPDU 数目

表 3-67 配置最大 BPDU 数目

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree transmit-holdcount 5	配置 1 秒内允许发出的最大 BPDU 数目	取值范围为 1～10，默认值为 6 个

3.11.3.4 配置 BPDU 报文允许的最大跳数

指定最大跳数是为了防止 BPDU 报文在网络中环回。当交换机收到的报文超过最大跳数，将丢弃 BPDU 报文。

表 3-68 配置 BPDU 报文允许的最大跳数

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# spanning-tree max-hops 25	配置 BPDU 报文所允许的最大跳数	最大跳数取值范围为 1~40，默认值为 20

3.12 M-LAG 配置

3.12.1 简介

跨设备链路聚合组（Multichassis Link Aggregation Group，缩写：M-LAG），不同设备之间通过链路连接，实现跨设备链路聚合。在高可靠性的数据中心拓扑中，典型的会通过两台聚合交换机来连接 TOR 交换机和服务器以提供冗余保护。在这样的拓扑结构中，生成树协议通过 block 聚合交换机的一半的端口来防止网络环路，但这样做会降低 50%的带宽。

通过部署 MLAG 可以解决这个问题。在两台聚合交换机的中间通过一条 peer-link 链路进行连接，使其在逻辑上如同一台设备。两台设备上的端口共同形成聚合口，使得所有端口可以共同参与数据流量的转发。

M-LAG 机制具备以下优点：

- 在网络流量增加的时候提供了更高的带宽；
- 通过减少被 STP block 的端口的方式更加高效的利用了网络带宽；
- 使用静态 LAG 或者 LACP 来连接其他交换机或者服务器，而不需要借助其他协议；
- 支持通过生成树协议来防止环路

3.12.2 配置 M-LAG

3.12.2.1 进入 M-LAG 配置模式

表 3-69 进入 M-LAG 配置模式

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式	使用 **exit** 命令可以退出该模式，该操作不影响该模式下的配置。使用 **no** 命令删除该模式，该模式下的所有配置均会被删除。

3.12.2.2 配置 peer-link

此命令用来指定连接 M-LAG 邻居所使用的接口。要形成 M-LAG 邻居，需要有两台互联的设备，中间用来连接彼此的接口称作 peer-link。Peer-link 上既承载了协议报文，也承载了数据报文。详细的示例请见配置举例。

表 3-70 配置 peer-link

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式	使用 **exit** 命令可以退出该模式，该操作不影响该模式下的配置。使用 **no** 命令删除该模

命令举例	操作	说明
		式，该模式下的所有配置均会被删除。
Switch(config-mlag)# peer-link eth-0-9	指定连接 M-LAG 邻居所用的接口	只能设置成普通物理口或者聚合口

3.12.2.3 配置 peer-address

此命令用来指定 peerlink 口的 IP 地址，用于 MLAG 两台设备之间 peerlink 互联。详细的示例请见配置举例。

表 3-71 配置 peer-adress

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式	使用 **exit** 命令可以退出该模式，该操作不影响该模式下的配置。使用 **no** 命令删除该模式，该模式下的所有配置均会被删除。
Switch(config-mlag)# peer-address 12.1.1.2	指定用于 MLAG 连接的 peerlink 口 IP 地址	peer-address 仅支持配置 IPV4 地址

3.12.2.4 配置指定 MLAG ID

此命令用来在聚合口上指定 MLAG ID。每个聚合口只能指定一个 MLAG ID，每个 MLAG ID 只能同时被一个聚合口使用。

表 3-72 配置指定 MLAG ID

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface agg1	进入聚合 agg1 接口模式	-
Switch(config-if)# mlag 1	在聚合口上指定 MLAG ID	MLAG ID 取值范围为 1~55

3.12.2.5 配置双主检测地址

此命令用来在设备上指定双主检测的对端 IP 地址。进行双主检测 TCP 连接的端口需要先配置相应的 IP 地址。

表 3-73 配置指定双主检测地址

命令举例	操作	说明
管理口地址作为双主检查地址：		
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式	-
Switch(config-if)#	指定双主检测连接所用的对	-

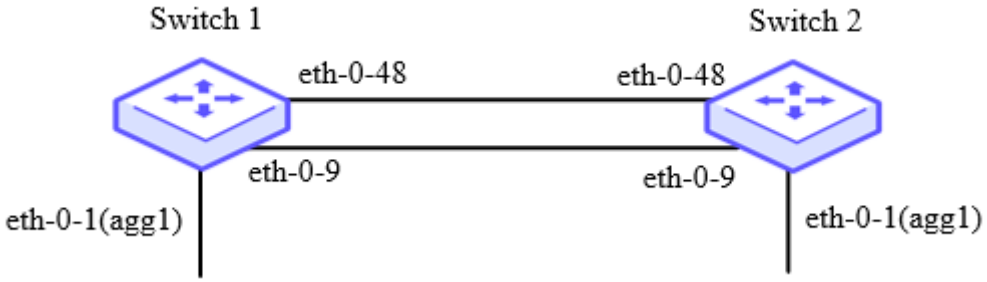
命令举例	操作	说明
keepalive-address 100.1.1.1	端地址	
创建 vrf 及指定双主检测地址：		
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip vrf kpl	创建 vrf kpl	-
Switch(config)# interface eth-0-48	进入接口配置模块	-
Switch(config-if)# ip vrf forwarding kpl	接口下配置 vrf	-
Switch(config-if)# ip address 100.1.1.2/24	接口下配置本端地址	配置本端双主检测所用地址
Switch(config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式	-
Switch(config-if)# keepalive-address 100.1.1.1 vrf kpl	指定双主检测连接所用的对端地址	该地址是对端端口配置的地址

3.12.2.6 配置举例

i. 介绍

在 Switch 1 和 Switch 2 之间部署一条 peer-link 聚合链路,两台设备上的端口共同形成聚合口，共同参与数据流量的转发，如下图所示。

ii. 拓扑



iii. 配置 Switch 1 与 Switch 2

Switch 1:

命令举例	操作步骤
Switch1 (config)# vlan database	进入 VLAN 模式
Switch1 (config-vlan)# vlan 10,4094	创建 VLAN10 和 VLAN4094
Switch1(config-vlan)# exit	退出 VLAN 模式并返回全局配置模式
Switch1 (config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch1(config-if)# static-channel-group 1	将此接口加入静态 agg1 组
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口 UP
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式并返回全局配置模式
Switch1 (config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置接口为 Trunk 口

命令举例	操作步骤
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	在此 Trunk 口允许所有 VLAN 通过
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口 UP
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式并返回全局配置模式
Switch1 (config)# interface agg1	进入聚合 agg1 接口模式
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 10	在此端口上允许 VLAN10 通过
Switch1(config-if)# mlag 1	绑定此接口到 MLAG1 上
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式并返回全局配置模式
Switch1 (config)# interface vlan4094	创建三层接口 VLAN4094
Switch1(config-if)# ip address 12.1.1.1/24	配置 IP 地址为 12.1.1.1/24
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式并返回全局配置模式
Switch1 (config)# interface eth-0-48	进入 eth-0-48 接口模式
Switch1(config-if)# no switchport	配置为三层接口
Switch1(config-if)# ip address 100.1.1.1/24	配置 IP 地址为 100.1.1.1/24

命令举例	操作步骤
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式并返回全局配置模式
Switch1 (config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式
Switch1 (config-mlag)# peer-link eth-0-9	配置 peer link 链路
Switch1 (config-mlag)# peer-address 12.1.1.2	配置 peer 邻居地址
Switch1 (config-mlag)# keepalive-address 100.1.1.2 vrf default	配置双主检测地址，指定对端 eth-0-48 地址
Switch1 (config-mlag)# exit	退出 M-LAG 配置模式

Switch 2：

命令举例	操作步骤
Switch2 (config)# vlan database	进入 VLAN 模式
Switch2 (config-vlan)# vlan 10,4094	创建 VLAN10 和 vlan4094
Switch2(config-vlan)# exit	返回全局配置模式
Switch2 (config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# static-channel-group 1	将此接口加入到静态 agg1 中
Switch2(config-if)# no shutdown	使能接口 UP
Switch2(config-if)# exit	返回全局配置模式
Switch2 (config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置接口为 Trunk 模式
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	在此 Trunk 口允许所有 VLAN 通过
Switch2(config-if)# no shutdown	使能接口 UP
Switch2(config-if)# exit	返回至全局配置模式
Switch2 (config)# interface agg1	进入 agg 接口配置模式
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置接口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 10	在此接口上允许 VLAN10 通过
Switch2(config-if)# mlag 1	绑定此接口到 MLAG1 上
Switch2(config-if)# exit	返回至全局配置模式
Switch2 (config)# interface vlan4094	创建 interface vlan4094
Switch2(config-if)# ip address 12.1.1.2/24	配置 IP 地址 12.1.1.2/24
Switch2(config-if)# exit	返回到全局配置模式
Switch2 (config)# interface eth-0-48	进入 eth-0-48 接口模式
Switch2(config-if)# no switchport	配置为三层接口
Switch2(config-if)# ip address 100.1.1.2/24	配置 IP 地址为 100.1.1.2/24
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式并返回全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch2 (config)# mlag configuration	进入 M-LAG 配置模式
Switch2 (config-mlag)# peer-link eth-0-9	配置 peer link 链路
Switch2 (config-mlag)# peer-address 12.1.1.1	配置 peer 邻居地址
Switch2 (config-mlag)# keepalive-address 100.1.1.1 vrf default	配置双主检测地址，指定对端 eth-0-48 地址
Switch2 (config-mlag)# end	返回至特权模式

iv. 显示配置结果

命令	操作
show mlag	显示 M-LAG 的相关配置信息
show mlag interface	显示 M-LAG 接口信息
show mlag peer	显示 M-LAG 邻居信息
show errdisable recovery	显示因双主检测生效时的接口 errdisable 信息

- 显示 Switch 1 的 M-LAG 配置信息：

```
Switch1# show mlag
MLAG configuration:
-----------------
local_version: 2
role       : Master
local_sysid  : d886.0b0e.5204
remote_sysid : c0a6.6d25.07a1
```

```
mlag_sysid  : d886.0b0e.5204
local_syspri : 32768
remote_syspri: 32768
mlag_syspri  : 32768
peer-link   : eth-0-9
peer conf   : Yes
reload-delay : Auto(300s)
Switch1# show mlag interface
mlagid  local-if  local-state   remote-state
1     agg1    up          up
Switch1# show mlag peer
MLAG neighbor is 12.1.1.2, remote version: 2
MLAG state = Established, up for 00:03:04
Last read 00:00:17, hold time is 240, keepalive interval is 60 seconds
Received 1 messages,Sent 2 messages
Open    : received 0, sent 0
KAlive  : received 1, sent 1
Fdb sync : received 0, sent 1
Failover : received 0, sent 0
Conf    : received 0, sent 0
Syspri  : received 0, sent 0
Peer fdb : received 0, sent 0
STP Total: received 0, sent 0

Connections established 2; dropped 1
Local host: 12.1.1.1, Local port: 52042
```

```
Foreign host: 12.1.1.2, Foreign port: 61000
remote_sysid: c0a6.6d25.07a1
```

- 显示 Switch 2 的 M-LAG 配置信息：

```
Switch2# show mlag
MLAG configuration:
----------------
local_version: 2
role       : Slave
local_sysid  : c0a6.6d25.07a1
remote_sysid : d886.0b0e.5204
mlag_sysid   : d886.0b0e.5204
local_syspri : 32768
remote_syspri: 32768
mlag_syspri  : 32768
peer-link    : eth-0-9
peer conf    : Yes
reload-delay : Auto(300s)
Switch2# show mlag interface
mlagid  local-if  local-state    remote-state
1     agg1    up          up
Switch2# show mlag peer
MLAG neighbor is 12.1.1.1, remote version: 2
MLAG state = Established, up for 00:06:21
Last read 00:00:12, hold time is 240, keepalive interval is 60 seconds
Received 2 messages,Sent 2 messages
Open    : received 0, sent 0
```

```
KAlive   : received 1, sent 1
Fdb sync : received 1, sent 1
Failover : received 0, sent 0
Conf     : received 0, sent 0
Syspri   : received 0, sent 0
Peer fdb : received 0, sent 0
STP Total: received 0, sent 0

Connections established 3; dropped 2
Local host: 12.1.1.2, Local port: 61000
Foreign host: 12.1.1.1, Foreign port: 52042
remote_sysid: d886.0b0e.5204
```

4 可靠性配置指导

4.1 BHM 配置

4.1.1 简介

Beat Heart Monitor（BHM）是用于监控其他协议进程的一个模块，当某个受监控进程长时间（30 秒）无响应时，BHM 模块会采取措施恢复系统，或者提示用户恢复系统。

BHM 监控的协议模块有：RIP，RIPNG，OSPF，OSPF6，BGP，LDP，RSVP，PIM，PIM6，802.1X，LACP，MSTP，DHCP-RELAY，DHCP-RELAY6，RMON，OAM，ONM，SSH，SNMP，SSM，以及一些系统进程：NSM，MI，CHSM，HSRVD。

4.1.2 配置 BHM

4.1.2.1 配置系统监控功能

表 4-1 使能/去使能系统监控功能

命令	操作	说明
sysmon enable	使能系统监控功能	缺省情况下，使能系统监控功能
no sysmon enable	去使能系统监控功能	

4.1.2.2 配置 BHM 模块功能

表 4-2 使能/去使能 BHM 模块功能

命令	操作	说明
heart-beat-monitor enable	使能 BHM 模块功能	缺省情况下，使能 BHM 模块功能
no heart-beat-monitor enable	去使能 BHM 模块功能	

4.1.2.3 配置监控措施

当系统在程序无响应时，有三种可以采取的措施：reload system（重启系统）、shutdown port（关闭所有的端口）、warning（在终端打印警告信息）。

表 4-3 配置监控措施

命令	操作	说明
heart-beat-monitor reactivate { reload system | shutdown port | warning }	配置当某个程序无响应时系统采取的措施	缺省情况下，使能 BHM 的重启系统

4.1.2.4 配置举例

表 4-4 配置举例

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# sysmon enable	使能系统监控功能
Switch(config)# heart-beat-monitor enable	使能 BHM 模块功能

命令举例	操作
Switch(config)# heart-beat-monitor reactivate reload system	配置监控措施为“重启系统”

4.1.3 显示与维护

表 4-5 显示与维护

命令	操作	说明
show sysmon	查看系统监控功能的状态	-
show heart-beat-monitor	查看程序监控状态	-

- 查看系统监控功能的状态：

```
Switch# show sysmon
System monitor enable.
```

- 查看程序监控状态：

```
Switch# show heart-beat-monitor

    heart-beat-monitor enable.
    heart-beat-monitor reactivation: restart system.
```

4.2 CFM 配置

4.2.1 简介

Connectivity Fault Management（CFM）是操作管理维护（缩写：OAM）模块的一部分。CFM 能够根据 802.1ag 协议去检测、验证、定位和通知以太网中的连接故障，也能够发现和验证以太网中的路径。CFM 对用户数据报文是透明的并且能最大限度地发现连接错误。

CFM 使用标准的以太网报文，仅以太网协议类型不同。支持的 CFM 消息如下：

- 连续性检查（CC）消息

  连续性检查消息周期性发送，使维护域端点 MEP 和维护域中间节点 MIP 可以发现其它 MEP。它用于检测任何一对 MEP 间的连续性丢失（LOC）。

- 以太网环回（LB）消息

  MEP 发送一个 LB 消息来验证另一个 MEP 或 MIP 是否可达。LB 消息和 ICMP ping 消息类似。

- 以太网链路追踪（LT）消息

  MEP 发送 LT 消息以追踪到一个目的 MEP/MIP 中间每一跳的 MIP。LT 消息类似 UDP 链路追踪消息。

- 以太网帧延时测量（DM）消息

  ETH-DM 可用于按需的 OAM，测量帧时延和帧时延变化。帧时延和帧时延变化的测量是通过向对等 MEP 周期性地发送带有 ETH-DM 信息的帧，并在诊断间隔内从对等 MEP 接收带有 ETH-DM 信息的帧来完成的。每一个 MEP 都可以进行帧时延和帧时延变化的测量。

  当一个 MEP 能产生带有 ETH-DM 信息的帧时，它向同一 ME 内对等的 MEP 周期地发送带有 ETH-DM 信息的帧。当一个 MEP 产生带有 ETH-DM 信息的帧时，它也预期在同一 ME 中从对等的 MEP 接收带有 ETH-DM 信息的帧。

- 以太网锁定信号（LCK）消息

以太网锁定信号功能（ETH-LCK）用于通告服务器层（子层）MEP 的管理性锁定以及随后的数据业务流中断，该业务流送往期待接收业务流的 MEP。它使得接收带有 ETH-LCK 信息的帧的 MEP 能区分是故障情况，还是服务器层（子层）MEP 的管理性锁定动作。

- 以太网客户端信号失败功能（CSF）

  以太网客户端信号失败功能是由服务器 MEP 将客户端检查到的失败或错误通知到对应服务器 MEP，再由对端服务器 MEP 通知对端的客户端 MEP。通常应用于客户端 MEP 无法直接通知到对端 MEP 的情况，此时 CC 或 AIS 是均无法使用的。CSF 消息是由服务器 MEP 发给对端服务器的 MEP 的消息。CSF 仅应用于点对点的以太网传输中。

- 以太网帧丢失测量（LM）消息

  ETH-LM 用于收集计数器的数值，应用于入口和出口处的服务帧，此时计数器在一对 MEP 之间保持着发送和接收的数据帧的计数。

  ETH-LM 是通过向其对等 MEP 发送带有 ETH-LM 信息的帧，并从对等 MEP 接收带有 ETH-LM 信息的帧实现的。

4.2.2 参考

CFM 参考以下标准文档：

IEEE 802.1ag/D8.1

4.2.3 配置 CFM 的基本功能

4.2.3.1 全局启用/关闭 CFM 功能

表 4-6 全局启用/关闭 CFM 功能

命令	操作	说明
ethernet cfm enable	全局启用 CFM 功能	缺省情况下，CFM 功能处于关闭状态
no ethernet cfm enable	关闭 CFM 功能	

4.2.3.2 创建/删除维护域

下表的命令可以创建或删除一个维护域（MD），每个维护域对应一个等级，不同等级提供不同的功能。

表 4-7 创建/删除维护域

命令	操作	说明
ethernet cfm domain *domain-name* **level** *level-value*	创建一个维护域并进入 CFM 配置模式	维护域取值范围为 0~7，定义如下： 0~2（运营商等级） 3~4（提供商等级） 5~7（客户等级）
no ethernet cfm domain *domain-name*	删除维护域	

4.2.3.3 创建/删除维护联盟

下表的命令可以创建或删除一个维护联盟（MA）。

表 4-8 创建/删除维护联盟

命令	操作	说明
service *csi-id* **vlan** *vlan-id*	创建一个维护联盟	CSI_ID：服务名；VLAN 标识的取值范围为 1~4094。该命令在 CFM 配置模式下执行
no service *csi-id*	删除维护联盟	

4.2.3.4 创建/删除维护端点 MEP

表 4-9 创建/删除维护端点 MEP

命令	操作	说明
ethernet cfm mep { **down** | **up** } **mpid** *mep-id* **domain** *domain-name* **vlan** *vlan-id* **interval** { **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** }	创建维护端点 MEP	MEP 标识的取值范围为 1~8191；VLAN 标识的取值范围为 1~4094
no ethernet cfm mep { **down** | **up** } **mpid** *mep-id* **domain** *domain-name* **vlan** *vlan-id* **interval** { **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** }	删除 MEP	

说明

上方表格内的数字 1~7 分别表示 CCM 发送周期为 3.3 毫秒、10 毫秒、100 毫秒、1 秒、10 秒、1 分钟、10 分钟

4.2.3.5 创建/删除远端 MEP

表 4-10 创建/删除远端 MEP

命令	操作	说明
ethernet cfm mep crosscheck mpid *mep-id* **domain** *domain-name* **vlan** *vlan-id* **mac** *mac-address*	创建远端 MEP	MEP 标识的取值范围为 1~8191；VLAN 标识的取值范围为 1~4094
no ethernet cfm mep crosscheck mpid *mep-id*	删除远端 MEP	

命令	操作	说明
domain *domain-name* **vlan** *vlan-id*		

4.2.3.6 创建/删除 MIP

表 4-11 创建/删除 MIP

命令	操作	说明
ethernet cfm mip level *level-value* **vlan** *vlan-id*	创建 MIP	维护域等级的取值范围为 1~7；VLAN 标识的取值范围为 1~4094
no ethernet cfm mip level *level-value* **vlan** *vlan-id*	删除 MIP	

4.2.3.7 配置连续性检查功能

表 4-12 配置连续性检查功能

命令	操作	说明
ethernet cfm cc enable domain *domain-name* **vlan** *vlan-id*	启动维护域内某个服务的连续性检查功能	VLAN 标识的取值范围为 1~4094
no ethernet cfm cc enable domain *domain-name* **vlan** *vlan-id*	关闭连续性检查功能	

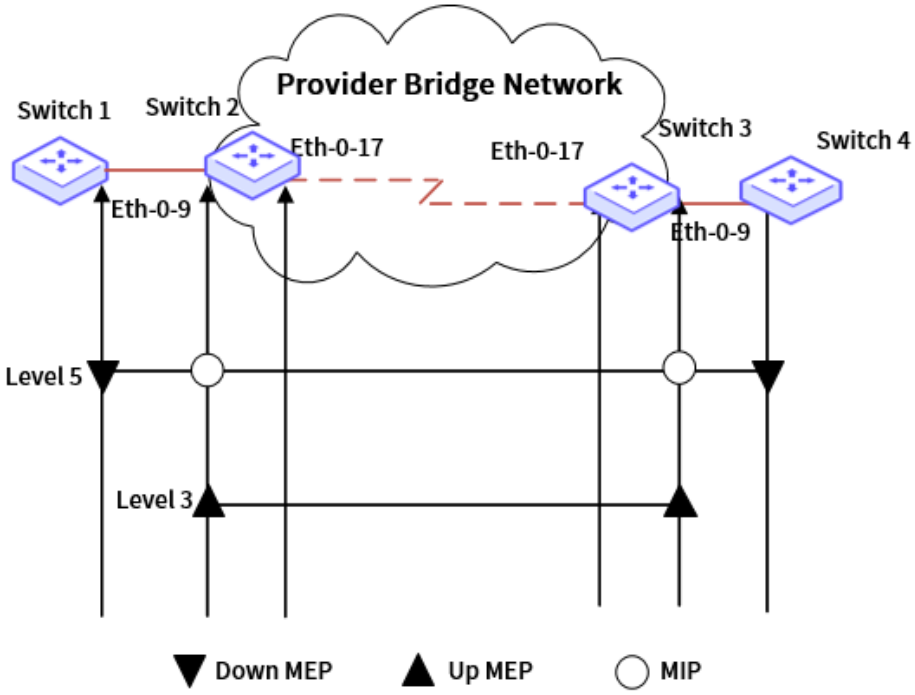
4.2.4 配置 CC/LB/LT/AIS/DM

4.2.4.1 介绍

以太网 Service OAM 主要从故障管理（CC/LB/LT/LCK/AIS）和性能监测（LM/DM）两个方面，实现端到端的以太网虚连接的管理与维护。

4.2.4.2 拓扑

图 4-1 CFM 示意图



4.2.4.3 配置步骤

下面分别对 Switch 1、Switch 2、Switch 3、Switch 4 进行配置。

Switch 1：

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch1(config vlan)# vlan 30	创建 VLAN 30
Switch1(config vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch1(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch1(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch1(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst
Switch1(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch1(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch1(config-if)# ethernet cfm mep down mpid 66 domain cust vlan 30 interval 1	创建维护域端点
Switch1(config-if)# ethernet cfm mep crosscheck mpid 99 domain cust vlan 30 mac d036.4567.8009	创建维护域远端节点，MAC 为远端 MEP 的 MAC

命令举例	操作步骤
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30	启用维护域 cust 的服务 cst 的连续性检查功能
Switch1(config)# ethernet cfm ais suppress alarm enable domain cust vlan 30	配置当收到告警指示信号 AIS 报文且存在 loc 错误时抑制其它 loc error
Switch1(config)# end	退出全局配置模式

Switch 2:

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch2(config-vlan)# vlan 30	创建 VLAN 30
Switch2(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch2(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch2(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch2(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch2(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst

命令举例	操作步骤
Switch2(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch2(config)# ethernet cfm domain provid level 3	创建维护域 provid
Switch2(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst
Switch2(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-9	进入接口模式
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch2(config-if)# ethernet cfm mip level 5 vlan 30	创建维护域中间节点
Switch2(config-if)# ethernet cfm mep up mpid 666 domain provid vlan 30 interval 1	创建维护域端点
Switch2(config-if)# ethernet cfm mep crosscheck mpid 999 domain provid vlan 30 mac 6a08.051e.bd09	创建维护域远端节点，MAC 为远端 mep 的 MAC
Switch2(config-if)# ethernet cfm ais status enable all domain provid vlan 30 level 5 multicast	使能 AIS
Switch2(config-if)# ethernet cfm server-ais	配置 AIS 服务器

命令举例	操作步骤
status enable level 5 interval 1	
Switch2(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch2(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2(config)# ethernet cfm cc enable domain provid vlan 30	启用维护域 provid 的服务 cst 的连续性检查功能
Switch2(config)# end	退出全局配置模式

Switch 3:

命令举例	操作步骤
Switch3# configure terminal	进入全局配置模式
Switch3(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch3(config-vlan)# vlan 30	创建 VLAN 30
Switch3(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch3(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch3(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch3(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch3(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst
Switch3(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch3(config)# ethernet cfm domain provid level 3	创建维护域 provid
Switch3(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst
Switch3(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch3(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch3(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch3(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch3(config-if)# ethernet cfm mip level 5 vlan 30	创建维护域中间节点
Switch3(config-if)# ethernet cfm mep up mpid 999 domain provid vlan 30 interval 1	创建维护域端点
Switch3(config-if)# ethernet cfm mep crosscheck mpid 666 domain provid vlan 30 mac	创建维护域远端节点，MAC 为远端 mep 的 MAC

命令举例	操作步骤
0e1d.a7d7.fb09	
Switch3(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch3(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch3(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch3(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch3(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 vlan 30 通过
Switch3(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch3(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch3(config)# ethernet cfm cc enable domain provid vlan 30	启用维护域 provid 的服务 cst 的连续性检查功能
Switch3(config)# end	退出全局配置模式

Switch 4:

命令举例	操作步骤
Switch4# configure terminal	进入全局配置模式
Switch4(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch4(config vlan)# vlan 30	创建 VLAN 30

命令举例	操作步骤
Switch4(config vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch4(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch4(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch4(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch4(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst
Switch4(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch4(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch4(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch4(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch4(config-if)# ethernet cfm mep down mpid 99 domain cust vlan 30 interval 1	创建维护域端点
Switch4(config-if)# ethernet cfm mep crosscheck mpid 66 domain cust vlan 30 mac fa02.cdff.6a09	创建维护域远端节点，MAC 为远端 mep 的 MAC
Switch4(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch4(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch4(config)# ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30	启用维护域 cust 的服务 cst 的连续性检查功能

命令举例	操作步骤
Switch4(config)# end	退出全局配置模式

4.2.4.4 检查配置结果

命令	操作
show ethernet cfm maintenance-points	显示相关的 MEP、远端 MEP 和 MIP 的信息
show ethernet cfm maintenance-points local { **mep** | **mip** } { **interface** *if-name* | **domain** *domain-name* | **level** *level-value* }	显示本地 MEP 和 MIP 的相关信息
show ethernet cfm errors [**domain** *domain-name* | **level** *level-value*]	显示 CFM 的错误信息
show ethernet cfm ais mep *mep-id* **domain** *domain-name* **vlan** *vlan-id*	显示 MEP 的 AIS 相关信息

i. 检查MEP和MIP

查看 Switch1 和 Switch2 上 MEP 和 MIP 的相关信息：

```
Switch1# show ethernet cfm maintenance-points

######Local MEP:

MPID Direction DOMAIN LEVEL TYPE VLAN PORT    CC-Status Mac-address    RDI
Interval
```

```
--------------------------------------------------------------------------------

66  Down MEP  cust  5   MEP  30  eth-0-9  enabled  fa02.cdff.6a09 True 3.33ms

######Local MIP:

Level  VID  TYPE   PORT       MAC

------------------------------------------------------

######Remote MEP:

MPID  LEVEL VLAN ACTIVE Remote Mac   RDI  FLAGS   STATE

------------------------------------------------------------

99   5   30  Yes   d036.4567.8009 True  Learnt   UP

Switch2# show ethernet cfm maintenance-points

######Local MEP:

MPID Direction DOMAIN LEVEL TYPE VLAN PORT    CC-Status Mac-address   RDI

------------------------------------------------------------------------

666  Up MEP   provid 3   MEP  30   eth-0-9  enabled  0e1d.a7d7.fb09 False

######Local MIP:

Level  VID  TYPE   PORT       MAC

------------------------------------------------------

5    30   MIP   eth-0-9     0e1d.a7d7.fb09

######Remote MEP:
```

```
MPID  LEVEL VLAN ACTIVE Remote Mac     RDI   FLAGS    STATE

------------------------------------------------------

999  3    30   Yes   6a08.051e.bd09  True  Learnt   UP
```

ii. 检查以太网环回（LB）

- 根据远端MEP的地址/组播地址回环远端MEP：

```
Switch1# ethernet cfm loopback mac d036.4567.8009 unicast mepid 66 domain
cust vlan 30

Sending 1 Ethernet CFM loopback messages, timeout is 5 seconds:

(! Pass . Fail)

!

 Loopback completed.

 ---------------------------------

Success rate is 100 percent(1/1)
```

- 根据组播地址回环远端MEP：

```
Switch1# ethernet cfm loopback multicast mepid 66 domain cust vlan 30
Sending 1 Ethernet CFM loopback messages, timeout is 5 seconds:
(! Pass . Fail)
Host MEP: 66
Number of RMEPs that replied to mcast frame = 1
LBR received from the following
 9667.bb68.f308
```

```
success rate is  100 (1/1)
```

- 根据远端MEP的标识回环远端MEP：

```
Switch1# ethernet cfm loopback unicast rmepid 99 mepid 66 domain cust vlan


Sending 1 Ethernet CFM loopback messages, timeout is 5 seconds:
(! Pass . Fail)
!
 Loopback completed.
 ---------------------------------
 Success rate is 100 percent(1/1)
```

- 根据远端MIP的地址回环远端MIP：

```
Switch1# ethernet cfm loopback mac 0e1d.a7d7.fb09 unicast mepid 66 domain
cust vlan 30
Sending 1 Ethernet CFM loopback messages, timeout is 5 seconds:
(! Pass . Fail)
!
 Loopback completed.
 ---------------------------------
 Success rate is 100 percent(1/1)
```

iii. 检查远端故障指示（RDI）

显示 RDI 的信息：

```
Switch1# show ethernet cfm maintenance-points local mep domain cust

MPID Direction DOMAIN LEVEL TYPE VLAN PORT    CC-Status Mac-address    RDI
Interval

--------------------------------------------------------------------------

66  Down MEP  cust  5  MEP  30  eth-0-9  enabled  fa02.cdff.6a09 True 3.33ms
```

iv. 检查错误信息

- 在清除本地MEP错误前，错误信息显示如下所示：

```
Switch1# show ethernet cfm errors domain cust
Level Vlan MPID RemoteMac     Reason                    ServiceId
5     30   66  d036.4567.8009 errorCCMdefect: rmep not found     cst
5     30   66  d036.4567.8009 errorCCMdefect: rmep not found clear cst
Time
2011/05/27 3:19:18
2011/05/27 3:19:32
```

- 以下命令用于清除错误信息。当清除本地MEP的错误信息后，错误信息如下所示：

```
Switch1# clear ethernet cfm errors domain cust
Level Vlan MPID RemoteMac     Reason                    ServiceId
```

v. 检查AIS

以下命令关闭 Switch 1 和 Switch 3 上的连续性检查功能。检查 Switch 2、Switch 1 上的 AIS 的状态：

```
Switch1(config)# no ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30
Switch3(config)# no ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30
```

```
Switch2# show ethernet cfm ais mep 666 domain cust vlan 30
AIS-Status: Enabled
AIS Period: 1
Level to transmit AIS: 7
AIS Condition: No
------------------------------------------------
  Configured defect condition    detected(yes/no)
------------------------------------------------
  unexpected-period              no
  unexpected-MEG level           no
  unexpected-MEP                 no
  Mismerge                       no
  LOC                            yes

Switch1# show ethernet cfm ais mep 66 domain cust vlan 30
AIS-Status: Disabled
AIS Condition: Yes
```

vi. 检查LinkTrace（LT）

- 根据远端MEP的地址追踪远端MEP：

```
Switch1# ethernet cfm linktrace mac d036.4567.8009 mepid 66 domain cust vlan 30

Sending Ethernet CFM linktrace messages,TTL is 64.Per-Hop Timeout is 5 seconds:

Please wait a moment
```

```
------------------------------

Received Hops: 1

------------------------------

TTL              : 63

Fowarded         : True

Terminal MEP     : False

Relay Action     : Rly FDB

Ingress Action   : IngOk

Ingress MAC address   : 0e1d.a7d7.fb09

Ingress Port ID Type  : ifName

Ingress Port ID       : eth-0-9

------------------------------

Received Hops: 2

------------------------------

TTL              : 62

Fowarded         : True

Terminal MEP     : False

Relay Action     : Rly FDB

Egress Action    : EgrOk
```

```
Egress MAC address          : 6a08.051e.bd09
Egress Port ID Type         : ifName
Egress Port ID              : eth-0-9
------------------------------
Received Hops: 3
------------------------------
TTL                 : 61
Fowarded                : False
Terminal MEP            : True
Relay Action            : Rly Hit
Ingress Action          : IngOk
Ingress MAC address         : d036.4567.8009
Ingress Port ID Type        : ifName
Ingress Port ID             : eth-0-9
```

- 根据远端MEP的标识追踪远端MEP：

```
Switch1# ethernet cfm linktrace rmepid 99 mepid 66 domain cust vlan 30
Sending Ethernet CFM linktrace messages,TTL is 64.Per-Hop Timeout is 5 seconds:
Please wait a moment
```

```
------------------------------

Received Hops: 1

------------------------------

TTL              : 63

Fowarded                 : True

Terminal MEP                  : False

Relay Action             : Rly FDB

Ingress Action           : IngOk

Ingress MAC address          : 0e1d.a7d7.fb09

Ingress Port ID Type         : ifName

Ingress Port ID      : eth-0-9

------------------------------

Received Hops: 2

------------------------------

TTL                  : 62

Fowarded                 : True

Terminal MEP             : False

Relay Action             : Rly FDB

Egress Action            : EgrOk
```

```
Egress MAC address          : 6a08.051e.bd09
Egress Port ID Type         : ifName
Egress Port ID              : eth-0-9
------------------------------
Received Hops: 3
------------------------------
TTL                 : 61
Fowarded                : False
Terminal MEP            : True
Relay Action            : Rly Hit
Ingress Action          : IngOk
Ingress MAC address         : d036.4567.8009
Ingress Port ID Type        : ifName
Ingress Port ID             : eth-0-9
```

- 根据远端MIP的地址追踪远端MIP：

```
Switch1# ethernet cfm linktrace 6a08.051e.bd09 mepid 66 domain cust vlan 30
Sending Ethernet CFM linktrace messages,TTL is 64.Per-Hop Timeout is 5 seconds:
Please wait a moment
```

```
------------------------------

Received Hops: 1

------------------------------

TTL                 : 63

Fowarded            : True

Terminal MEP        : False

Relay Action        : Rly FDB

Ingress Action      : IngOk

Ingress MAC address     : 0e1d.a7d7.fb09

Ingress Port ID Type    : ifName

Ingress Port ID     : eth-0-9

------------------------------

Received Hops: 2

------------------------------

TTL                 : 62

Fowarded            : False

Terminal MEP        : False

Relay Action        : Rly Hit

Egress Action       : EgrOk
```

```
Egress MAC address          : 6a08.051e.bd09

Egress Port ID Type         : ifName

Egress Port ID              : eth-0-9
```

vii. 检查帧时延测量（DM）

- 测量双向的延时和延时变化：

```
Switch1# ethernet cfm dmm  rmepid 99 mepid 66 count 5 domain cust vlan 30
  Delay measurement statistics:
  DMM Packets transmitted      : 5
  Valid DMR packets received   : 5
  Index    Two-way delay    Two-way delay variation
    1      4288 usec              0 usec
    2      4312 usec             24 usec
    3      4296 usec             16 usec
    4      4320 usec             24 usec
    5      4264 usec             56 usec
  Average delay             : 4296 usec
  Average delay variation   : 24 usec
  Best case delay           : 4264 usec
  Worst case delay          : 4320 usec
```

- 在启用单向时延测量前，时钟应该同步。以下命令显示了在Switch 1上启用了单向时延测量：

```
Switch1#ethernet cfm 1dm rmepid 99 mepid 66 count 5 domain cust vlan 30
```

- 在Switch 4上显示了单向时延测量的结果：

```
Switch4# show ethernet cfm delaymeasurement cache
  Remote MEP     : 66
  Remote MEP vlan  : 30
  Remote MEP level : 5
  DMM Packets transmitted         : 0
  Valid DMR packets received      : 0
  Valid 1DM packets received      : 5
  Index   One-way delay   One-way delay variation   Received Time
    1     16832 usec              0 usec   2011/07/19 17:27:46
    2     16176 usec            656 usec   2011/07/19 17:27:47
    3     15448 usec            728 usec   2011/07/19 17:27:48
    4     14800 usec            648 usec   2011/07/19 17:27:49
    5     15406 usec            606 usec   2011/07/19 17:27:50
  Average delay             : 15732 usec
  Average delay variation      : 527 usec
  Best case delay           : 14800 usec
  Worst case delay          : 16832 usec
```

4.2.5 配置 LCK

配置 LCK 命令可以锁定 MEP，使数据报文无法通过。可参考 4.2.4.2 图 4-1。以下示例在 Switch 2 上配置锁定。

4.2.5.1 配置方法

表 4-13 配置方法

命令举例	操作
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作
Switch2(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# ethernet cfm lck enable mep 666 domain provid vlan 30 tx-level 5 interval 1	配置锁定 MEP 666，并指定向等级 5 上按周期 1 秒发锁定报文
Switch2(config-if)# end	退出接口配置模式

4.2.5.2 显示与维护

表 4-14 显示与维护

命令	操作
show ethernet cfm lck	显示 LCK 的信息

- 显示Switch 2上LCK状态：

```
Switch2# show ethernet cfm lck

    En-LCK Enable, Y(Yes)/N(No)
    Rx-LC, Receive LCK packets and enter LCK condition, Y(Yes)/N(No)
    Rx-I, The period which is gotten from LCK packets
    Tx-Domain, frames with ETH-LCK information are sent to this Domain
    Tx-I, Transmit Interval
    ---------------------------------------------------------------------
    MPID Domain     VLAN En Rx-LC Rx-I Tx-Domain   Tx-I
    ---------------------------------------------------------------------
    666  provid     30   Y  N    N/A  cust        1
```

- 显示Switch 1上LCK状态：

```
Switch1# show ethernet cfm lck

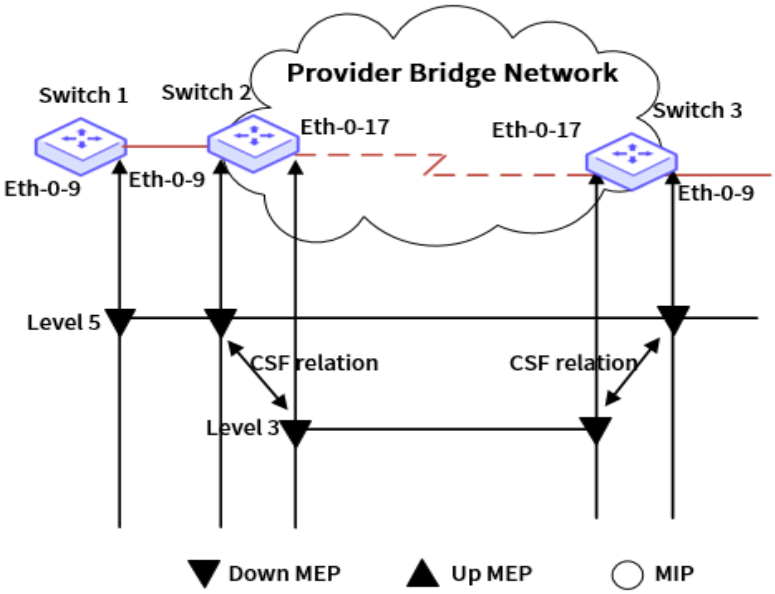
    En-LCK Enable, Y(Yes)/N(No)
    Rx-LC, Receive LCK packets and enter LCK condition, Y(Yes)/N(No)
    Rx-I, The period which is gotten from LCK packets
    Tx-Domain, frames with ETH-LCK information are sent to this Domain
    Tx-I, Transmit Interval
    ------------------------------------------------------------------
    MPID Domain     VLAN En Rx-LC Rx-I Tx-Domain    Tx-I
    ------------------------------------------------------------------
    66  cust        30  N Y    1   N/A       N/A
```

4.2.6 配置 CSF

在客户 MEP 和服务器 MEP 之间，配置客户信号失败（CSF）关系。

4.2.6.1 拓扑

图 4-2 CSF 示意图



4.2.6.2 配置方法

分别对 Switch 1、Switch 2、Switch 3 进行如下配置。

Switch 1：

命令举例	操作
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch1(config vlan)# vlan 30	创建 VLAN 30
Switch1(config vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch1(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch1(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch1(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst
Switch1(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch1(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch1(config-if)# ethernet cfm mep down mpid 66 domain cust vlan 30 interval 1	创建维护域端点

命令举例	操作
Switch1(config-if)# ethernet cfm mep crosscheck mpid 99 domain cust vlan 30 mac d036.4567.8009	创建维护域远端节点，MAC 为远端 mep 的 MAC
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30	启用维护域 cust 的服务 cst 的连续性检查功能
Switch1(config)# end	退出全局配置模式

Switch 2：

命令举例	操作
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch2(config vlan)# vlan 20,30	创建 VLAN 20,30
Switch2(config vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch2(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch2(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch2(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch2(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst

命令举例	操作
Switch2(config)# ethernet cfm domain provid level 3	创建维护域 provid
Switch2(config-ether-cfm)# service cst vlan 20	创建服务 cst
Switch2(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch2(config-if)# ethernet cfm mep down mpid 99 domain cust vlan 30 interval 1	创建维护域端点
Switch2(config-if)# ethernet cfm mep crosscheck mpid 66 domain cust vlan 30 mac fa02.cdff.6a09	创建维护域远端节点，MAC 为远端 MEP 的 MAC
Switch2(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2 (config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch2 (config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2 (config-if)# switchport trunk allowed vlan add 20	配置端口允许 VLAN 20 通过
Switch2 (config-if)# ethernet cfm mep down	创建维护域端点

命令举例	操作
mpid 666 domain provid vlan 20 interval 1	
Switch2 (config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch2(config)# ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30	启用维护域 cust 的服务 cst 的连续性检查功能
Switch2(config)# ethernet cfm csf client domain cust vlan 30 mepid 99 server domain provid vlan 20 mepid 666 interval 1	配置 CSF 连接关系
Switch2(config)# end	退出全局配置模式

Switch 3：

命令举例	操作
Switch3# configure terminal	进入全局配置模式
Switch3(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch3(config vlan)# vlan 20,30	创建 VLAN 20,30
Switch3(config vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch3(config)# ethernet cfm enable	全局使能 CFM
Switch3(config)# ethernet cfm mode y1731	配置 CFM 模式
Switch3(config)# ethernet cfm domain cust level 5	创建维护域 cust
Switch3(config-ether-cfm)# service cst vlan 30	创建服务 cst

命令举例	操作
Switch3(config)# ethernet cfm domain provid level 3	创建维护域 provid
Switch3(config-ether-cfm)# service cst vlan 20	创建服务 cst
Switch3(config-ether-cfm)# exit	退出 CFM 配置模式
Switch3(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch3(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch3(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 30	配置端口允许 VLAN 30 通过
Switch3(config-if)# ethernet cfm mep down mpid 88 domain cust vlan 30 interval 1	创建维护域端点
Switch3(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch3(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch3(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch3(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch3(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 20	配置端口允许 VLAN 20 通过
Switch3(config-if)# ethernet cfm mep down mpid 999 domain provid vlan 20 interval 1	创建维护域端点
Switch3(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态

命令举例	操作
Switch3(config)# ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30	启用维护域 cust 的服务 cst 的连续性检查功能
Switch3(config)# ethernet cfm csf client domain cust vlan 30 mepid 88 server domain provid vlan 20 mepid 999 interval 1	配置 CSF 连接关系
Switch3(config)# end	退出全局配置模式

4.2.6.3 显示与维护

命令	操作
show ethernet cfm csf	显示 CSF 的关系和状态

- 关闭Switch 1上的连续性检查，使Switch 2上触发loc错误：

```
Switch1 (config)#no ethernet cfm cc enable domain cust vlan 30
```

- Switch 2上的MEP 99会上报loc，引发MEP 666发送CSF报文(原因los)：

以下命令用来显示 Switch 2 上 CSF 状态：

```
Switch2# show ethernet cfm csf
En-CSF Enable, Y(Yes)/N(No)
CTR-Client Trigger reason, L(los)/F(fdi)/R(rdi)/D(dci) or N/A
ECC-Enter CSF Condition, Y(Yes)/N(No)
SRR-Server Rx Reason, L(los)/F(fdi)/R(rdi)/D(dci) or N/A
Tx-I, Transmit Interval
Rx-I, The period which is gotten from CSF packets
```

```
---------------------------------------------------------------------
Client Mep              Server Mep
MPID Cli-Domain  VLAN CTR  ECC MPID Srv-Domain  VLAN SRR  Tx-I Rx-I
---------------------------------------------------------------------
99  cust     30  L    N  666 provid    20  N/A  1   N/A
```

- 在Switch 3上，MEP 999会收到CSF的报文并通知客户MEP 88，然后客户MEP会进入CSF状态。

以下命令用来显示 Switch 3 上 CSF 状态：

```
Switch3# show ethernet cfm csf
En-CSF Enable, Y(Yes)/N(No)
CTR-Client Trigger reason, L(los)/F(fdi)/R(rdi)/D(dci) or N/A
ECC-Enter CSF Condition, Y(Yes)/N(No)
SRR-Server Rx Reason, L(los)/F(fdi)/R(rdi)/D(dci) or N/A
Tx-I, Transmit Interval
Rx-I, The period which is gotten from CSF packets
---------------------------------------------------------------------
Client Mep              Server Mep
MPID Cli-Domain  VLAN CTR  ECC MPID Srv-Domain  VLAN SRR  Tx-I Rx-I
---------------------------------------------------------------------
88  cust     30  N/A  Y  999 provid    20  L    1   1
```

4.2.7 配置双端/单端 LM

本小节介绍了双端和单端两种方式的帧丢失测量。请参考图 4-1。

4.2.7.1 配置双端 LM

在 Switch 1 和 Switch 4 上使能双端 LM 功能。

Switch 1:

命令举例	操作
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm lm enable dual-ended domain cust vlan 30 mepid 66 all-cos cache-size 10	配置双端 LM 功能
Switch1(config)# end	退出全局配置模式

Switch 4:

命令举例	操作
Switch4# configure terminal	进入全局配置模式
Switch4(config)# ethernet cfm lm enable dual-ended domain cust vlan 30 mepid 99 all-cos cache-size 10	配置双端 LM 功能
Switch4(config)# end	退出全局配置模式

4.2.7.2 配置单端 LM

在 Switch 1 和 Switch 4 上使能单端 LM 功能。

Switch 1:

命令举例	操作
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm lm enable single-ended domain cust vlan 30 mepid 66 all-cos	配置单端 LM 功能
Switch1(config)# end	退出全局配置模式

Switch 4:

命令举例	操作
Switch4# configure terminal	进入全局配置模式
Switch4(config)# ethernet cfm lm enable single-ended domain cust vlan 30 mepid 99 all-cos	配置单端 LM 功能
Switch4(config)# end	退出全局配置模式

4.2.7.3 检测配置结果

命令	操作
show ethernet cfm lm domain *domain-name* **vlan** *vlan-id* **mepid** *mep-id*	显示双端帧丢失测量的结果

- 显示Switch 1上双端帧丢失测量的结果:

```
Switch1# show ethernet cfm lm domain cust vlan 30 mepid 66
DOMAIN    : cust
VLAN      : 30
MEPID     : 66
```

Start Time : 2013/07/16 1:36:56

End Time : 2013/07/16 1:37:07

Notes : 1. When the difference of Tx is less than the difference of Rx, the node is invalid, loss and loss ratio should be "-";

2. When loc is reported for mep, the loss should be "-" and loss ratio should be 100%;

3. When calculate average loss and loss ratio, invalid or loc nodes will be excluded;

Latest dual-ended loss statistics:

Index Cos Local-loss Local-loss ratio Remote-loss Remote-loss ratio Time

---

1 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:36:57

2 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:36:58

3 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:36:59

4 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:00

5 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:01

6 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:02

7 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:03

8 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:04

9 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:05

10 all 0 000.0000% 0 000.0000% 01:37:07

Maximum Local-loss : 0 Maximum Local-loss Ratio : 000.0000%

Minimum Local-loss : 0 Minimum Local-loss Ratio : 000.0000%

Average Local-loss : 0 Average Local-loss Ratio : 000.0000%

```
Maximum Remote-loss : 0        Maximum Remote-loss Ratio : 000.0000%
Minimum Remote-loss : 0        Minimum Remote-loss Ratio : 000.0000%
Average Remote-loss : 0        Average Remote-loss Ratio : 000.0000%
```

- 显示Switch 4上双端帧丢失测量的结果：

```
Switch4# show ethernet cfm lm domain cust vlan 30 mepid 99
DOMAIN    : cust
VLAN      : 30
MEPID     : 99
Start Time : 2013/07/16 1:37:11
End Time   : 2013/07/16 1:37:22
Notes      : 1. When the difference of Tx is less than the difference of Rx,
               the node is invalid, loss and loss ratio should be "-";
             2. When loc is reported for mep, the loss should be "-" and loss
               ratio should be 100%;
             3. When calculate average loss and loss ratio, invalid or loc nodes
               will be excluded;
Latest dual-ended loss statistics:
--------------------------------------------------------------------------------
Index Cos Local-loss Local-loss ratio Remote-loss Remote-loss ratio Time
--------------------------------------------------------------------------------
1   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:12
2   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:13
3   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:14
4   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:16
5   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:17
6   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:18
```

```
7   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:19
8   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:20
9   all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:21
10  all     0     000.0000%      0     000.0000% 01:37:22
--------------------------------------------------------------------------------
Maximum Local-loss  : 0       Maximum Local-loss Ratio  : 000.0000%
Minimum Local-loss  : 0       Minimum Local-loss Ratio  : 000.0000%
Average Local-loss  : 0       Average Local-loss Ratio  : 000.0000%
Maximum Remote-loss : 0       Maximum Remote-loss Ratio : 000.0000%
Minimum Remote-loss : 0       Minimum Remote-loss Ratio : 000.0000%
Average Remote-loss : 0       Average Remote-loss Ratio : 000.0000%
```

- 从Switch 1发送单端帧丢失测量消息，并显示LM的结果：

```
Switch1# ethernet cfm lm single-ended domain cust vlan 30 rmepid 99 mepid
66 count 10

DOMAIN    : cust

VLAN      : 30

MEPID     : 66

Start Time : 2013/07/16 1:39:38

End Time   : 2013/07/16 1:39:38

Notes     : 1. When the difference of Tx is less than the difference of Rx,

            the node is invalid, loss and loss ratio should be "-";

          2. When loc is reported for mep, the loss should be "-" and loss
```

ratio should be 100%;

3. When calculate average loss and loss ratio, invalid or loc nodes will be excluded;

Latest single-ended loss statistics:

Index Cos Local-loss Local-loss ratio Remote-loss Remote-loss ratio

---

1 all 0 000.0000% 0 000.0000%

2 all 0 000.0000% 0 000.0000%

3 all 0 000.0000% 0 000.0000%

4 all 0 000.0000% 0 000.0000%

5 all 0 000.0000% 0 000.0000%

6 all 0 000.0000% 0 000.0000%

7 all 0 000.0000% 0 000.0000%

8 all 0 000.0000% 0 000.0000%

9 all 0 000.0000% 0 000.0000%

Maximum Local-loss : 0 Maximum Local-loss Ratio : 000.0000%

Minimum Local-loss : 0 Minimum Local-loss Ratio : 000.0000%

```
Average Local-loss  : 0        Average Local-loss Ratio  : 000.0000%

Maximum Remote-loss : 0        Maximum Remote-loss Ratio : 000.0000%

Minimum Remote-loss : 0        Minimum Remote-loss Ratio : 000.0000%

Average Remote-loss : 0        Average Remote-loss Ratio : 000.0000%
```

4.2.8 配置 Test

该配置可以使能以太网测试信号（ETH-Test）发送功能。请参考图 4-1。

4.2.8.1 配置方法

在 Switch 1 和 Switch 4 上使能 Test 功能。

Switch 1：

命令举例	操作
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# ethernet cfm tst transmission enable domain cust vlan 30 mep 66 tx-mode continuous pattern-type random packet-size 64	配置 Test 发送功能
Switch1(config)# end	退出全局配置模式

Switch 4：

命令举例	操作
Switch4# configure terminal	进入全局配置模式
Switch4(config)# ethernet cfm tst reception	配置 Test 接收功能

命令举例	操作
enable domain cust vlan 30 mep 99	
Switch4(config)# end	退出配置模式

4.2.8.2 显示与维护

命令	操作
show ethernet cfm tst	显示 Test 的信息

- 从Switch1上发送Test消息，并显示Test的信息：

```
Switch1# ethernet cfm tst start rate 1000 time second 1
Switch1# show ethernet cfm tst
DOMAIN        : cust
VLAN          : 30
MEPID         : 66
Transmission    : Enabled
Reception       : Disabled
Status          : Non-Running
Start Time      : 06:32:48
Predict End Time : 06:33:18
Actual End Time  : 06:33:18
Packet Type     : TST
Rate          : 1000 mbps
Packet Size     : 64 bytes
Tx Number       : 29
Tx Bytes        : 1856
```

```
Rx Number      : 0
Rx Bytes       : 0
```

- 在Switch 4上显示Test的信息：

```
Switch4# show ethernet cfm tst
DOMAIN         : cust
VLAN           : 30
MEPID          : 99
Transmission   : Disabled
Reception      : Enabled
Status         : Non-Running
Start Time     : null
End Time       : null
Packet Type    : null
Rate           : null
Packet Size    : null
Tx Number      : 0
Tx Bytes       : 0
Rx Number      : 29
Rx Bytes       : 1856
```

4.3 CPU Traffic 配置

4.3.1 简介

本章介绍了配置 CPU 流量限制及查看 CPU 流量的方法。

CPU 流量限制是一种很有用的保护 CPU 的机制，通过对进入 CPU 的报文的流量进行限制实

现。

CPU 流量限制包含两个级别的 CPU 保护措施：

其一，限制各个进入 CPU 的 reason 的流量。在芯片中，是通过配置这个 reason 对应的 queue shaping 实现的。

其二，限制所有进入 CPU 的报文的流量。芯片中是通过配置 CPU 端口上的 shaping 实现的。

下表列出了各种 reason 和对应的描述：

表 4-15 协议报文类型与描述

reason	描述
arp	ARP 协议报文
bpdu	BPDU 协议报文(包括 STP, RSTP, MSTP)
dhcp	DHCP 协议报文
eapol	Dot1x 协议报文
erps	ERPS 协议报文
fwd-to-cpu	转发到 CPU 的报文
icmp-redirect	ICMP 重定向
igmp	IGMP 或者 IGMP Snooping 报文
ip-option	带有可选字段的 IP 报文
ipda	IPDA 协议报文
ldp	LDP 协议报文
macsa-mismatch	与一个端口 security entry 不匹配时的学习报

reason	描述
	文
mcast-rpf-fail	组播报文 RPF 检查失败
mld	MLD 协议报文
mpls-ttl-fail	TTL 失效 MPLS 报文
ip-mtu-fail	需要分片的报文
ospf	OSPF 协议报文
pim	PIM 协议报文
port-security-discard	端口 security entry 学满时的学习报文
rip	RIP 协议报文
sflow-egress	在出口方向 sFlow 的采样报文
sflow-ingress	在入口方向 sFlow 的采样报文
slow-protocol	Slow 协议报文.(包括 EFM, LACP，SYNCE) TTL 失效的组播报文
smart-link	Smart Link 协议报文
ucast-ttl-fail	TTL 失效的单播 IP 报文
udld	UDLD 协议报文
vlan-security-discard	VLAN 内学习的 mac 达到限制是的学习报文
vrrp	VRRP 协议报文

reason	描述
bfd-learning	BFD 学习报文



说明

这里提到的 reason，意思是各种协议报文的类型，比如 bgp、ospf、rip 等分别是不同的 reason。

4.3.2 缺省配置

默认速率和优先级配置如下表所示:

表 4-16 缺省配置

reason	rate(pps)	class	reason	rate(pps)	class
arp	640	1	mpls-ttl-fail	64	0
bpdu	64	3	ip-mtu-fail	64	0
dhcp	128	0	ospf	256	1
eapol	128	0	pim	128	1
erps	128	2	port-security-discard	128	0
fwd-to-cpu	64	0	rip	64	1
icmp-redirect	128	0	sflow-egress	128	0
igmp	128	2	sflow-ingress	128	0

reason	rate(pps)	class	reason	rate(pps)	class
ip-option	512	0	slow-protocol	128	1
ipda	1024	0	smart-link	128	2
ldp	512	1	ucast-ttl-fail	64	0
macsa-mismatch	128	0	udld	128	3
mcast-rpf-fail	128	1	vlan-security-discard	128	0
mld	128	2	vrrp	512	1
bfd-learning	128	1	-	-	-

4.3.3 配置 CPU Traffic

4.3.3.1 配置总限速

表 4-17 配置总限速

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# cpu-traffic-limit total rate 3000	设置 CPU 流量总限速	总限速的取值范围范围为 0~1000000，单位：pps；缺省情况下，CPU 流量总限速为 2048pps

4.3.3.2 配置单个速率

表 4-18 配置单个速率

命令	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# cpu-traffic-limit reason rip rate 500	设置 RIP PDU 限速	Protocol Data Unit（协议数据单元，缩写：PDU）

4.3.3.3 配置优先级类别

表 4-19 配置优先级类别

命令	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# cpu-traffic-limit reason rip class 3	修改 RIP PDU 优先级类别	调度优先级类别的取值范围为 0~3，3 表示调度优先级最高

4.3.4 显示与维护

表 4-20 显示与维护

命令	操作	说明
show cpu traffic-limit	查看 CPU traffic limit 的配置	-
show cpu traffic-statistics receive all	显示所有 CPU 报文的统计信息	-

- 查看CPU traffic limit的配置：

```
Switch# show cpu traffic-limit
```

```
reason                rate (pps)   class
dot1x-mac-bypass        64         2
bpdu                    64         3
slow-protocol           128        1
eapol                   128        0
erps                    128        2
smart-link              128        2
udld                    128        3
loopback-detection      64         3
arp                     256        1
dhcp                    128        0
rip                     500        3
ldp                     512        1
ospf                    256        1
pim                     128        1
vrrp                    512        1
ipda                    1024       0
icmp-redirect           128        0
mcast-rpf-fail          128        1
macsa-mismatch          128        0
port-security-discard   128        0
vlan-security-discard   128        0
mtu-dontfrag            64         0
mtu-frag                64         0
ip-mtu-fail             64         0
bfd-learning            128        1
```

```
ip-option              512       0
ucast-ttl-fail         64        0
mpls-ttl-fail          64        0
igmp                   128       2
sflow-ingress          128       0
sflow-egress           128       0
fwd-to-cpu             64        0
l2protocol-tunnel      1024      0

Total rate:     3000 (pps)
```

- 显示所有上送CPU报文的统计信息：

```
Switch# show cpu traffic-statistics receive all
statistics rate time is 5 second(s)
reason          count(packets)   rate(pps)
dot1x-mac-bypass    0           0
bpdu                0           0
slow-protocol       0           0
eapol               0           0
erps                0           0
smart-link          0           0
udld                0           0
loopback-detection  0           0
arp                 0           0
dhcp                0           0
rip                 0           0
ldp                 0           0
```

```
ospf                    0          0
pim                     0          0
bgp                     0          0
vrrp                    0          0
rsvp                    0          0
ipda                    0          0
icmp-redirect           0          0
mcast-rpf-fail          0          0
macsa-mismatch          0          0
port-security-discard   0          0
vlan-security-discard   0          0
ip-mtu-fail             0          0
bfd-learning            0          0
ip-option               0          0
tunnel-gre-keepalive    0          0
ucast-ttl-fail          0          0
mpls-ttl-fail           0          0
igmp                    0          0
sflow-ingress           0          0
sflow-egress            0          0
fwd-to-cpu              0          0
l2protocol-tunnel       0          0
mirror-to-cpu           0          0
mpls-tp-pwoam           0          0
other                   0          0
Total                   0          0
```

4.4 UDLD 配置

4.4.1 简介

Unidirectional Link Detection（单向链路检测，缩写：UDLD）是一种可以检测和禁用单向链路的轻量级的协议。当出现单向链路时，一条链路上有两个端口，只能往一个方向的传输数据，即有且只有一个端口可以接收到数据。通过使用 UDLD 可以防止生成树等协议在单向链接时产生的异常情况，如回环等。

4.4.2 配置 UDLD

下面介绍了 UDLD 的相关配置，包括使能 UDLD 功能、设置 UDLD 消息间隔、重启所有被 UDLD 关闭的接口等，用户可以根据实际情况进行配置。

4.4.2.1 开启 UDLD 功能

UDLD 功能既可以在全局配置模式下启用，也可以在接口配置模式下启用。

i. 全局开启/关闭UDLD功能

表 4-21 全局开启/关闭 UDLD 功能

命令	操作	说明
udld enable	全局使能 UDLD 功能	缺省情况下，UDLD 功能处于关闭状态
no udld enable	关闭 UDLD 功能	

ii. 接口上开启/关闭UDLD功能

表 4-22 接口上开启/关闭 UDLD 功能

命令	操作	说明
udld port [aggressive]	在指定接口上使能 UDLD 功能	缺省情况下，接口上的 UDLD 功能处于关闭状态；aggressive：UDLD 激进模式，不加 aggressive 即为普通模式
no udld port	关闭接口上的 UDLD 功能	

说明

在实际配置中，链路两端的设备需要同时开启 UDLD 功能，确保双通状态。

4.4.2.2 配置 UDLD 消息间隔时间

表 4-23 配置 UDLD 消息间隔时间

命令	操作	说明
udld message interval *interval-value*	设置 UDLD 消息间隔时间	interval-value：UDLD 消息间隔时间，取值范围是 1~90，单位：秒；默认 UDLD 消息间隔时间为 15 秒
no udld message interval	取消 UDLD 消息间隔的配置，恢复默认值	

4.4.2.3 重置 UDLD 关闭的接口

表 4-24 重启 UDLD 关闭的接口

命令	操作	说明
udld reset	重置被 UDLD 禁用的接口	该命令在特权模式下进行

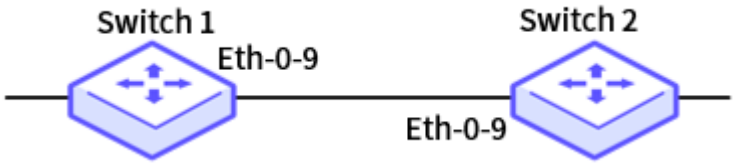
4.4.3 配置举例

4.4.3.1 介绍

分别对 Switch 1、Switch 2 配置 UDLD 相关的功能，请参考图 4-3。

4.4.3.2 拓扑

图 4-3 UDLD 典型拓扑图



4.4.3.3 配置步骤

Switch 1：

在 Switch 1 的 eth-0-9 接口上使能 UDLD 协议。

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch1(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch1(config-if)# udld port	在接口上使能 UDLD 协议

命令举例	操作步骤
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# udld enable	全局使能 UDLD 协议
Switch1(config)# udld message interval 10	设置 UDLD 消息发送间隔时间

Switch 2：

在 Switch 2 的 eth-0-9 接口上使能 UDLD 协议。

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# no shutdown	配置端口为 UP 状态
Switch2(config-if)# udld port	在接口上使能 UDLD 协议
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2(config)# udld enable	全局使能 UDLD 协议
Switch2(config)# udld message interval 10	设置 UDLD 消息发送间隔

4.4.3.4 显示与维护

命令	操作
show udld [*if-name*]	显示接口的 UDLD 信息

下面分别列举配置举例中 Switch 1、Switch 2 的配置结果。

- 在Switch 1上显示接口的UDLD信息：

```
Switch# show udld eth-0-9
Interface eth-0-9
---
UDLD mode       : normal
Operation state  : Bidirectional
Message interval : 10
Message timeout   : 3
 Neighbor 1
 ---
 Device ID      : 4c7b.8510.ab00
 Port ID        : eth-0-9
 Device Name    : Switch
 Message interval: 10
 Message timeout : 3
 Link Status    : bidirectional
 Expiration time : 29
```

- 在Switch 2上显示接口的UDLD信息：

```
Switch# show udld eth-0-9
Interface eth-0-9
---
UDLD mode      : normal
Operation state : Bidirectional
Message interval: 10
Message timeout : 3
 Neighbor 1
```

```
---
Device ID      : 28bc.83db.8400
Port ID        : eth-0-9
Device Name    : Switch
Message interval: 10
Message timeout : 3
Link Status    : bidirectional
Expiration time : 23
```

4.5 Smart Link 配置

4.5.1 简介

Smart Link，中文译为灵活链路，又称为备份链路，是一种为链路双上行提供可靠高效的备份和切换机制的解决方案，常用于双上行组网。相比生成树协议 (Spanning Tree Protocol，缩写：STP)，Smart Link 技术能够提供更快速的收敛性能，相比 ERPS，Smart Link 技术提供了更简洁的配置使用方式。该功能还可以提供链路负载均衡的功能。

4.5.2 配置 Smart Link

4.5.2.1 创建 Smart Link 组

表 4-25 创建 Smart Link 组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# smart-link	创建一个 Smart link 组，并进	Smart link 组 ID 的取

命令举例	操作	说明
group 1	入 Smart link 组配置模式	值范围为 1~16
Switch(config-smlk-group)# exit	退出 Smart link 组配置模式	-

4.5.2.2 配置主端口/副端口

每个 Smart-link 组都应该有两个端口（主端口 Master 和副端口 Slave）。端口类型可以是物理接口或 Agg 接口。下表以配置主端口为例。

表 4-26 配置主端口/副端口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# spanning-tree port disable	关闭 STP 功能	端口必须关闭 STP 后才可以加入 Smart Link 组
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# smart-link group 1	创建一个 Smart Link 组，并进入 Smart Link 组配置模式	Smart Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-smlk-group)# interface eth-0-9 master	为 Smart Link 组设置主端口	缺省情况下，未指定任何端口

4.5.2.3 配置 Smart Link 组保护的 MSTP

Smart Link 只保护指定的 MSTP instance。如果 VLAN 没有加入任何 MSTP instance 则会默认加入 instance 0。

表 4-27 配置 Smart Link 组保护的 MSTP

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# smart-link group 1	创建一个 Smart Link 组，并进入 Smart Link 组配置模式	Smart Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-smlk-group)# protected mstp instance 0	设置 Smart Link 组保护的 MSTP 实例	MSTP 实例 ID 的取值范围为 0～4094；缺省情况下，未保护任何组的 MSTP 实例
Switch(config-smlk-group)# protected mstp instance 10		

说明

如果将加入 MSTP 实例的 VLAN 删除,那么在 Smart Link 组内被自动删除。

4.5.2.4 开启发送/接收 Flush 报文功能

i. 开启发送Flush报文功能

当主（转发）链路出现故障，流量切换到副端口时发送 Flush FDB 报文通知上游更新 FDB。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# smart-link group 1	创建一个 Smart Link 组，并进入 Smart Link 组配置模式	Smart Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-smlk-group)# flush send control-vlan 4 password simple test	开启发送 Flush 报文功能，并设置 Smart-link 发送更新报文的密码为 test	VLAN ID 的取值范围是 1～4094，更新报文的密码，长度为 1～15；缺省情况下，不发送 Smart Link 更新报文

ii. 开启接收Flush报文功能

收到的更新包应该与接收设备有相同的 VLAN ID 和密码。否则，数据包将被丢弃。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# smart-link flush receive control-vlan 4 password simple test	开启接收 Flush 报文功能，并设置 Smart-link 组的接收更新报文的密码为 test	VLAN ID 的取值范围是 1～4094，更新报文的密码，长度为 1～15；缺省情况下，不接收 Smart Link 更新报文

4.5.3 配置举例

4.5.3.1 介绍



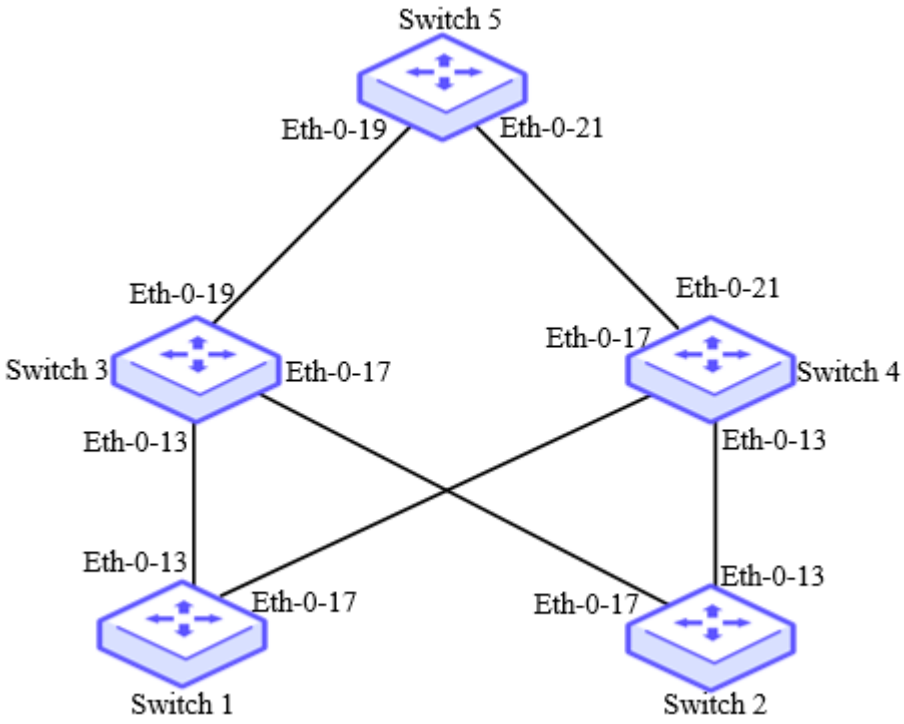
说明

- Smart Link 组的控制 VLAN 和保护 VLAN 必须提前用 **vlan database** 命令创建完成。
- Smart Link 组的端口必须把 STP 关闭。
- Smart Link 组的保护实例必须在配置 MSTP 模块前先创建完成。

下面的示例给出了 Smart Link 链路双上行保护的配置，给每台交换机配置 VLAN 1-20，MSTP instance 1-3。如图 4-4 所示。

4.5.3.2 拓扑

图 4-4 Smart Link 典型拓扑图



4.5.3.3 配置方法

上图是一个 Smart-link 的典型配置，交换机 1 和 2 配置 Smart-link 组；交换机 3、4 和 5 配置 Smart-link 的报文接收。其中，Switch 1 与 Switch 2 的配置相同，下表以 Switch 1 为例。

Switch 1：

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# vlan database	进入 VLAN 模式
Switch1(config- vlan)# vlan 2-20	创建 VLAN 2 到 20

命令举例	操作步骤
Switch1(config- vlan)# exit	退出 VLAN 模式
Switch1(config)# spanning-tree mode mstp	配置 STP 的模式
Switch1(config)# spanning-tree mst configuration	进入 MSTP 配置模式
Switch1(config-mst)# instance 1 vlan 1	配置 MSTP 的实例 1 关联 VLAN 1
Switch1(config-mst)# instance 2 vlan 2	配置 MSTP 的实例 2 关联 VLAN 2
Switch1(config-mst)# instance 3 vlan 3	配置 MSTP 的实例 3 关联 VLAN 3
Switch1(config-mst)# exit	退出 MSTP 配置模式
Switch1(config)# interface eth-0-13	进入端口 13
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch1(config-if)# spanning-tree port disable	关闭端口上的 STP 功能
Switch1(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# interface eth-0-17	进入端口 17
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed	配置端口允许所有 VLAN 通过

命令举例	操作步骤
vlan all	
Switch1(config-if)# spanning-tree port disable	关闭端口上的 STP 功能
Switch1(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# smart-link group 1	创建 Smart-link 组 1，并进入 Smart-link 组配置模式
Switch1(config-smlk-group)# interface eth-0-13 master	指定接口为 Master 端口
Switch1(config-smlk-group)# interface eth-0-17 slave	指定接口为 Slave 端口
Switch1(config-smlk-group)# protected mstp instance 1	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-smlk-group)# protected mstp instance 2	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-smlk-group)# protected mstp instance 3	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-smlk-group)# load-balance instance 3	使能负载均衡的 Instance
Switch1(config-smlk-group)# restore time 40	设置自动倒换等待时间，取值范围为 30~1200s

命令举例	操作步骤
Switch1(config-smlk-group)# restore enable	启用自动倒换的功能
Switch1(config-smlk-group)# flush send control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Smart-link 发送端的密码
Switch1(config-smlk-group)# group enable	启用 Smart-link 组
Switch1(config-smlk-group)# end	退出 Smart-link 组配置模式

Switch 3 与 Switch 4 的配置相同，下表以 Switch 3 为例。

Switch 3：

命令举例	操作步骤
Switch3# configure terminal	进入全局配置模式
Switch3(config)# interface eth-0-13	进入端口 13
Switch3(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch3(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch3(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch3(config-if)# smart-link flush receive control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Smart-link 接收端的密码
Switch3(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch3(config)# interface eth-0-17	进入端口 17
Switch3(config-if)# no shutdown	打开接口

命令举例	操作步骤
Switch3(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch3(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch3(config-if)# smart-link flush receive control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Smart-link 接收端的密码
Switch3 (config-if)# exit	退出接口配置模式

Switch 5：

命令举例	操作步骤
Switch5# configure terminal	进入全局配置模式
Switch5(config)# interface eth-0-19	进入端口 19
Switch5(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch5(config-if)# no shutdown	打开端口
Switch5(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch5(config-if)# smart-link flush receive control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Smart-link 接收端的密码
Switch5(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch5(config)# interface eth-0-21	进入端口 21
Switch5(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口

命令举例	操作步骤
Switch5(config-if)# no shutdown	打开端口
Switch5(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch5(config-if)# smart-link flush receive control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Smart-link 接收端的密码
Switch5(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch5(config)# no smart-link relay enable	取消 relay 功能

4.5.3.4 显示与维护

表 4-28 显示与维护

命令	操作	说明
show smart-link	显示 Smart-link 的概要信息	-
show smart-link group [*group-id*]	显示指定 Smart-link 组或者全部 Smart-link 组的详细信息	Smart Link 组 ID 的取值范围为 1～16
clear smart-link statistic	清除 Smart-link 的统计	-

下面分别列举配置举例中 Switch 1~Switch 5 的配置结果。

- 显示Switch 1上Smart-link组1信息：

```
Switch1# show smart-link group 1
```

```
Smart-link group 1 information:
The smart-link group was enabled.
============================================================
Auto-restore:
 state     time        count   Last-time
 enabled    40          0    N/A
============================================================
Protected instance: 1  2  3
Load balance instance: 3
Flush sender , Control-vlan ID: 10   Password:test
============================================================
INTERFACE:
Role   Member   DownCount Last-Down-Time  FlushCount Last-Flush-Time
MASTER eth-0-13   0     N/A             0    N/A
SLAVE  eth-0-17   0     N/A             0    N/A
============================================================
Instance states in the member interfaces:
 A - ACTIVE ,  B -BLOCK  , D-The interface is link-down
Map-instance-ID   MASTER(eth-0-13)   SLAVE(eth-0-17)
   1         A          B
   2         A          B
   3         B          A
```

- 显示Switch 2上Smart-link组1信息：

```
Switch2# show smart-link group 1

  Smart-link group 1 information:
```

```
The smart-link group was enabled.
============================================================
Auto-restore:
 state     time        count   Last-time
 enabled    40          0     N/A
============================================================
Protected instance: 1  2  3
Load balance instance: 3
Flush sender , Control-vlan ID: 10   Password:test
============================================================
INTERFACE:
Role   Member    DownCount Last-Down-Time  FlushCount Last-Flush-Time
MASTER eth-0-13   0     N/A             0    N/A
SLAVE  eth-0-17   0     N/A             0    N/A
============================================================
Instance states in the member interfaces:
 A - ACTIVE ,  B -BLOCK  , D-The interface is link-down
Map-instance-ID   MASTER(eth-0-13)   SLAVE(eth-0-17)
   1          A           B
   2          A           B
   3          B           A
```

- 显示Switch 3上Smart-link的简略信息：

```
Switch3# show smart-link

Relay smart-link flush packet is enabled
Smart-link flush receiver interface:
```

```
    eth-0-13  control-vlan:10  password:test
    eth-0-17  control-vlan:10  password:test
  Smart-link received flush packet number:0
  Smart-link processed flush packet number:0
  Smart link Group Number is 0.
```

- 显示Switch 4上Smart-link的简略信息：

```
Switch4# show smart-link

  Relay smart-link flush packet is enabled
  Smart-link flush receiver interface:
    eth-0-13  control-vlan:10  password:test
    eth-0-17  control-vlan:10  password:test
  Smart-link received flush packet number:0
  Smart-link processed flush packet number:0
  Smart link Group Number is 0.
```

- 显示Switch 5上Smart-link的简略信息：

```
Switch5# show smart-link

  Relay smart-link flush packet is disabled
  Smart-link flush receiver interface:
    eth-0-21  control-vlan:10  password: test
    eth-0-19  control-vlan:10  password:test
  Smart-link received flush packet number:0
  Smart-link processed flush packet number:0
  Smart link Group Number is 0.
```

4.6 Multi-Link 配置

4.6.1 简介

Multi-Link，中文译为多链路，又称为多备份链路，是一种为链路多上行提供可靠高效的备份和切换机制的解决方案。多备份链路的接入可以增加带宽，起到分流的作用。该计划功能和 Smart Link 类似，备份的链路从一条扩充为多条，最多可以有 4 个成员。如果其中一条链路出现问题，则会切换到其他线路。该功能还可以提供链路负载均衡的功能。

4.6.2 配置 Multi-Link

4.6.2.1 创建 Multi-Link 组

表 4-29 创建 Multi-Link 组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# multi-link group 1	创建一个 Multi-Link 组，并进入 Multi-Link 组配置模式	Multi-Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-multilk-group)# exit	退出 Multi-Link 组配置模式	-

4.6.2.2 配置指定接口的优先级

每个 Multi-link 组都至少有两个端口。端口类型可以是物理接口或 Agg 接口。

表 4-30 配置指定接口的优先级

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# spanning-tree port disable	关闭 STP 功能	端口必须关闭 STP 后才可以加入 Multi-Link 组
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# multi-link group 1	创建一个 Multi-Link 组，并进入 Multi-Link 组配置模式	Multi-Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-multilk-group)# interface eth-0-9 priority 1	指定接口 eth-0-9 的优先级为 1	缺省情况下，未指定任何接口的优先级

4.6.2.3 配置 Multi-Link 组保护的 MSTP

Multi-link 只保护指定的 MSTP instance。如果 VLAN 没有加入任何 MSTP instance 则会默认加入 instance 0。

表 4-31 配置 Multi-Link 组保护的 MSTP

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# multi-link group 1	创建一个 Multi-Link 组，并进入 Multi-Link 组配置模式	Multi-Link 组 ID 的取值范围为 1~16

命令举例	操作	说明
Switch(config-multilk-group)# protected mstp instance 0	设置 Multi-Link 组保护的 MSTP 实例	MSTP 实例 ID 的取值范围为 0～4094；缺省情况下，未保护任何组的 MSTP 实例
Switch(config-multilk-group)# protected mstp instance 10		



说明

如果将加入 MSTP 实例的 VLAN 删除,那么在 Multi-Link 组内被自动删除。

4.6.2.4 开启/接收 Flush 报文功能

i. 开启发送Flush报文功能

当主（转发）链路出现故障，流量切换到副端口时发送 Flush FDB 报文通知上游更新 FDB。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# multi-link group 1	创建一个 Multi-Link 组，并进入 Multi-Link 组配置模式	Multi-Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-smlk-group)# flush send control-vlan 4 password simple test	开启发送 Flush 报文功能，并设置 Multi-link 发送更新报文的密码为 test	VLAN ID 的取值范围是 1～4094，更新报文的密码，长度为 1～15；缺省情况下，不发送 Multi-

命令举例	操作	说明
		Link 更新报文

ii. 开启接收Flush报文功能

收到的更新包应该与接收设备有相同的 VLAN ID 和密码。否则，数据包将被丢弃。

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# multi-link flush receive control-vlan 4 password simple test	开启接收 Flush 报文功能，并设置 Multi-link 组的接收更新报文的密码为 test	VLAN ID 的取值范围是 1～4094，更新报文的密码，长度为 1～15；缺省情况下，不接收 Multi-Link 更新报文

4.6.3 Multi-Link 配置举例

4.6.3.1 介绍

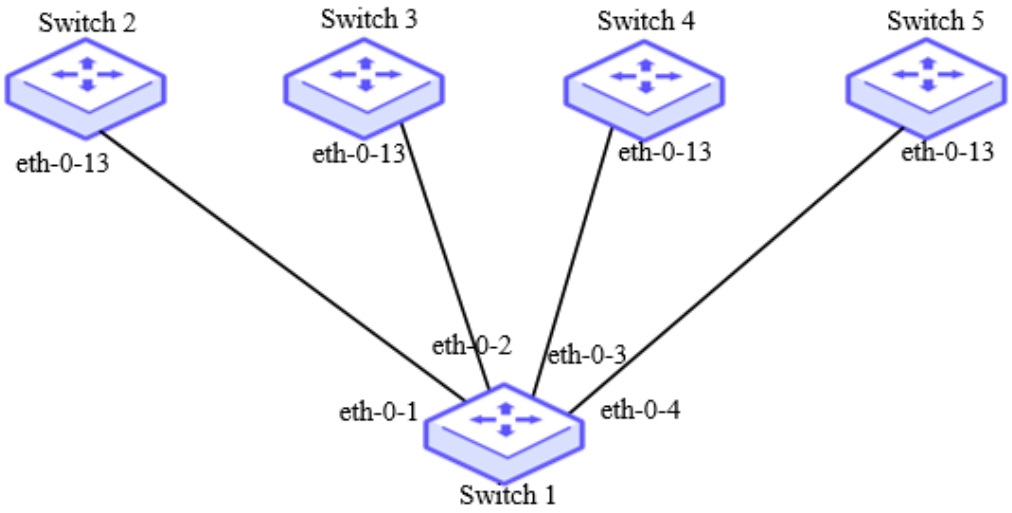
说明

- Multi-Link 组的控制 VLAN 和保护 VLAN 必须先用 **vlan database** 命令创建完成。
- Multi-Link 组的端口必须把 STP 关闭。
- Multi-Link 组的保护实例必须在配置 MSTP 模块前先创建完成。

下面的示例给出了 Multi-Link 链路多上行保护的配置，给每台交换机配置 VLAN 2-10，MSTP instance 1-4，如图 4-5 所示。

4.6.3.2 拓扑

图 4-5 Multi-Link 典型拓扑图



4.6.3.3 配置方法

下表介绍了 Mulit-link 的典型配置，交换机 1 配置 Multi-link 组；交换机 2、3、4 和 5 配置 Multi-link 的报文接收。

Switch 1：

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch1(config- vlan)# vlan 2-10	创建 VLAN 2 到 10

命令举例	操作步骤
Switch1(config- vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch1(config)# spanning-tree mode mstp	配置 STP 的模式
Switch1(config)# spanning-tree mst configuration	进入 MSTP 配置模式
Switch1(config-mst)# instance 1 vlan 1	配置 MSTP 的实例 1 关联 VLAN 1
Switch1(config-mst)# instance 2 vlan 2	配置 MSTP 的实例 2 关联 VLAN 2
Switch1(config-mst)# instance 3 vlan 3	配置 MSTP 的实例 3 关联 VLAN 3
Switch1(config-mst)# instance 4 vlan 4-10	配置 MSTP 的实例 4 关联 VLAN 4
Switch1(config-mst)# exit	退出 MSTP 配置模式
Switch1(config)# interface range eth-0-1 - 4	进入端口 1-4
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch1(config-if)# spanning-tree port disable	关闭端口上的 STP 功能
Switch1(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# multi-link group 1	创建 Multi-Link 组 1
Switch1(config-multilk-group)# interface	指定接口 1 优先级为 1

命令举例	操作步骤
eth-0-1 priority 1	
Switch1(config-multilk-group)# interface eth-0-2 priority 2	指定接口 2 优先级为 2
Switch1(config-multilk-group)# interface eth-0-3 priority 3	指定接口 3 优先级为 3
Switch1(config-multilk-group)# interface eth-0-4 priority 4	指定接口 4 优先级为 4
Switch1(config-multilk-group)# protected mstp instance 1	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-multilk-group)# protected mstp instance 2	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-multilk-group)# protected mstp instance 3	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-multilk-group)# protected mstp instance 4	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-multilk-group)# load-balance instance 2 priority 2	使能负载均衡的 Instance
Switch1(config-multilk-group)# load-balance instance 3 priority 3	使能负载均衡的 Instance
Switch1(config-multilk-group)# load-balance instance 4 priority 4	使能负载均衡的 Instance

命令举例	操作步骤
Switch1(config-multilk-group)# restore time 40	设置自动倒换等待时间，取值范围为 30~1200s
Switch1(config-multilk-group)# restore enable	启用自动倒换的功能
Switch1(config-multilk-group)# flush send control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Multi-Link 发送端的密码
Switch1(config-multilk-group)# group enable	启用 Multi-Link 组
Switch1(config-multilk-group)# end	退出 Multi-Link 组模式

下表为 Switch 2 的配置，Switch 3~ Switch 5 的配置与 Switch 2 一致。

Switch 2：

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-13	进入端口 13
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch2(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed	配置端口允许所有 VLAN 通过

vlan all	
Switch2(config-if)# multi-link flush receive control-vlan 10 password simple test	设置控制 VLAN 并指定 Multi-Link 接收端的密码
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式

4.6.3.4 显示与维护

命令	操作	说明
show multi-link	显示 Multi-link 的简要信息	-
show multi-link group [*group-id*]	显示指定 Multi-link 组或者全部 Multi-link 组的详细信息	Multi-Link 组 ID 的取值范围为 1～16
clear multi-link statistic	清除 Multi-link 的统计信息	-

- 显示Switch 1上Multi-link组1信息：

```
Switch1# show multi-link group 1

    Multi-link group 1 information:
     The multi-link group was enabled.
     ============================================================
     Auto-restore:
      state     time        count   Last-time
      enabled   40          0     N/A
     ============================================================
     Protected instance: 1  2  3  4
     Load balance instance: 2(to P2)  3(to P3)  4(to P4)
```

```
Flush sender , Control-vlan ID: 10   Password:test
============================================================
INTERFACE:
Role  Member   DownCount Last-Down-Time     FlushCount Last-Flush-Time
PRI1  eth-0-1  0      N/A          1       2016/09/05,07:13:24
PRI2  eth-0-2  0      N/A          1       2016/09/05,07:13:24
PRI3  eth-0-3  0      N/A          1       2016/09/05,07:13:24
PRI4  eth-0-4  0      N/A          1       2016/09/05,07:13:24
============================================================
Instance states in the member interfaces:
 A - ACTIVE ,  B -BLOCK  , D-The interface is link-down
Map-instance-ID  P1(eth-0-1 )  P2(eth-0-2 )  P3(eth-0-3 )  P4(eth-0-4 )
1          A        B        B        B
2          B        A        B        B
3          B        B        A        B
4          B        B        B        A
```

- 显示Switch 2上Multi-link的简要信息：

```
Switch2# show multi-link

    Relay multi-link flush packet is enabled
    Multi-link flush receiver interface:
      eth-0-13   control-vlan:10   password:test
    Multi-link received flush packet number:0
    Multi-link processed flush packet number:0
    Multi-link tcn is disabled
    Multi-link tcn query count   :2
```

```
Multi-link tcn query interval :10
Multi-link Group Number is 0.
```

4.6.4 Multi-Link 增强配置举例

4.6.4.1 介绍

当分布在不同交换机的两组 Mulit-Link 作相互链路备份时，会由于一方的 Mulit-Link 成员的保护实例被 block 住而无法进行链路相互备份。

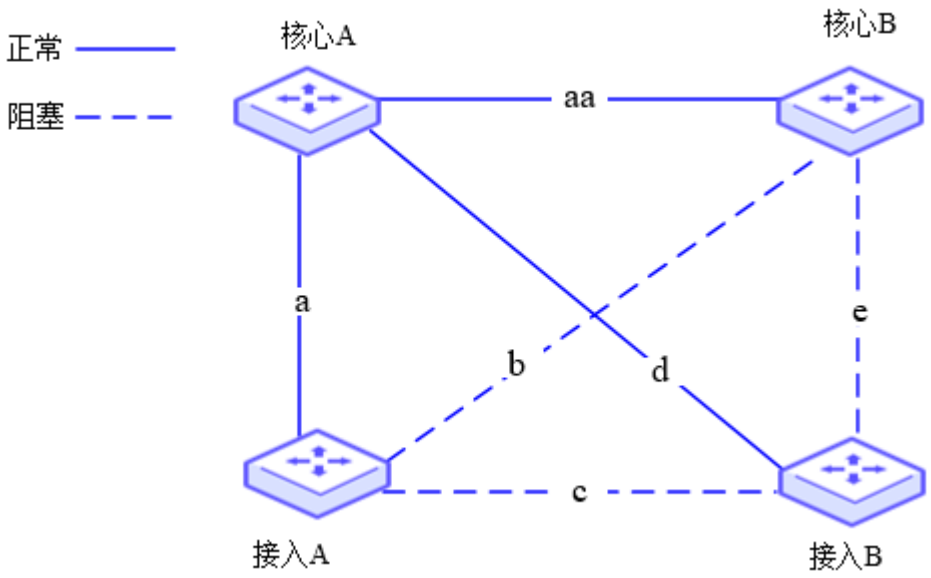
用户场景：

核心交换机 A、核心交换机 B、接入交换机 A、接入交换机 B 形成全网状拓扑。

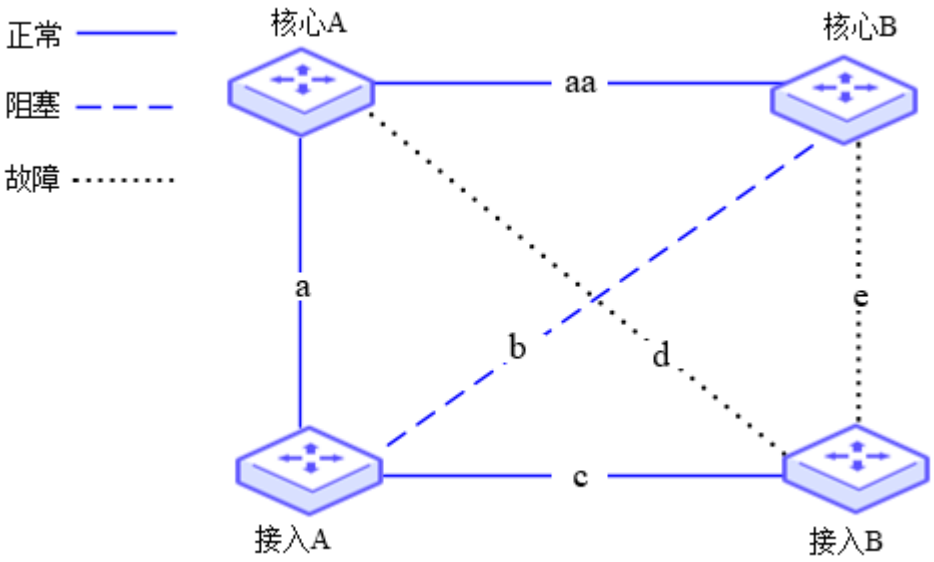
接入交换机 A 配置 Mulit-Link 协议，链路 a、b、c 优先级分别为 1、2、3；

接入交换机 B 配置 Mulit-Link 协议，链路 d、e 优先级分别为 1、2；

正常情况下，链路 b、c、e 处于 block 状态，链路 a、d 处于 active 状态，如下图所示。



当接入交换机 B 链路 d、e 全部断掉后，仅余下链路 c 与接入交换机 A 连接，如下图所示：



此时，接入交换机 A 链路 a 处于 active 状态，接入交换机对应链路 c 的端口处于 block 状态，接入交换机 B 处于孤岛状态。

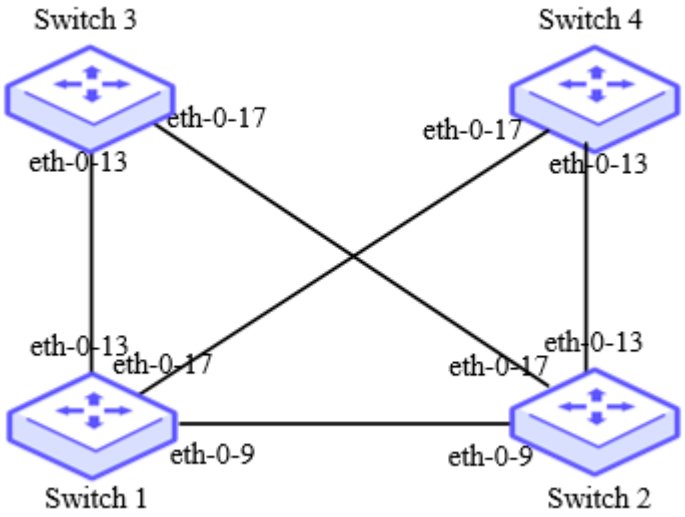
说明

- Multi-Link 组的控制 VLAN 和保护 VLAN 必须先用 **vlan database** 命令创建完成。
- Multi-Link 组的端口必须把 STP 关闭。
- Multi-Link 组的保护实例必须在配置 MSTP 模块前先创建完成。
- Multi-Link 组中应先配置 **flush send** 的 control vlan 和 password，然后才能配置 Multi-Link 增强。

4.6.4.2 拓扑

下面是一个 Mulit-Link 的典型配置，交换机 1, 2 均配置 Multi-Link 组。Switch 1 Multi-Link 组里面配有三个成员，且优先级最低的成员为 Mulit-Link 增强的接收口。Switch 2 Mulit-Link 组里面配有两个成员，此外还配有 Mulit-Link 增强的发送口。如图 4-6 所示。

图 4-6 Mulit-Link 增强典型拓扑图



4.6.4.3 配置方法

下面的示例给出了 Multi-Link 链路多上行保护的配置，给每台交换机配置 VLAN 10, 20, 30, 40，MSTP instance 1,2。

Switch 1:

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch1(config- vlan)# vlan 10	创建 VLAN 10
Switch1(config- vlan)# vlan 20	创建 VLAN 20
Switch1(config- vlan)# vlan 30	创建 VLAN 30
Switch1(config- vlan)# vlan 40	创建 VLAN 40
Switch1(config- vlan)# exit	退出 VLAN 模式

命令举例	操作步骤
Switch1(config)# spanning-tree mode mstp	配置 STP 的模式
Switch1(config)# spanning-tree mst configuration	进入 MSTP 配置模式
Switch1(config-mst)# instance 1 vlan 10	配置 MSTP 的实例 1 关联 VLAN 10
Switch1(config-mst)# instance 1 vlan 30	配置 MSTP 的实例 1 关联 VLAN 30
Switch1(config-mst)# instance 2 vlan 20	配置 MSTP 的实例 2 关联 VLAN 20
Switch1(config-mst)# instance 2 vlan 40	配置 MSTP 的实例 2 关联 VLAN 40
Switch1(config-mst)# exit	退出 MSTP 配置模式
Switch1(config)# interface range eth-0-9	进入端口 9
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch1(config-if)# spanning-tree port disable	关闭端口上的 STP 功能
Switch1(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# interface range eth-0-13	进入端口 13
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk	配置端口允许所有 VLAN 通过

命令举例	操作步骤
allowed vlan all	
Switch1(config-if)# spanning-tree port disable	关闭端口上的 STP 功能
Switch1(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# interface range eth-0-17	进入端口 17
Switch1(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch1(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch1(config-if)# spanning-tree port disable	关闭端口上的 STP 功能
Switch1(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# multi-link group 1	创建 Multi-Link 组 1
Switch1(config-multilk-group)# interface eth-0-13 priority 1	指定接口 13 优先级为 1
Switch1(config-multilk-group)# interface eth-0-17 priority 2	指定接口 17 优先级为 2
Switch1(config-multilk-group)# interface eth-0-9 priority 3	指定接口 9 优先级为 3

命令举例	操作步骤
Switch1(config-multilk-group)# protected mstp instance 1	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-multilk-group)# protected mstp instance 2	指定保护的 MSTP Instance
Switch1(config-multilk-group)# flush send control-vlan 30 password simple a	设置控制 VLAN 并指定 Multi-Link 发送端的密码
Switch1(config-multilk-group)# multilink-enhance receive control-vlan 10 password b interface eth-0-9	启用 eth-0-9 口接收 multilink-enhance 报文
Switch1(config-multilk-group)# group enable	启用 Multi-Link 组
Switch1(config-multilk-group)# end	退出 Multi-Link 组模式

Switch 2:

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch2(config- vlan)# vlan 10	创建 VLAN 10
Switch2(config- vlan)# vlan 20	创建 VLAN 20
Switch2(config- vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch2(config)# spanning-tree mode mstp	配置 STP 的模式

命令举例	操作步骤
Switch2(config)# spanning-tree mst configuration	进入 MSTP 配置模式
Switch2(config-mst)# instance 1 vlan 10	配置 MSTP 的实例 1 关联 VLAN 10
Switch2(config-mst)# instance 2 vlan 20	配置 MSTP 的实例 2 关联 VLAN 20
Switch2(config-mst)# exit	退出 MSTP 配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-13	进入端口 13
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch2(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-17	进入端口 13
Switch2(config-if)# switchport mode trunk	配置端口为 Trunk 口
Switch2(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	配置端口允许所有 VLAN 通过
Switch2(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch2(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2(config)# multi-link group 1	创建 Multi-Link 组 1
Switch2(config-multilk-group)# interface	指定接口 13 优先级为 1

命令举例	操作步骤
eth-0-13 priority 1	
Switch2(config-multilk-group)# interface eth-0-17 priority 2	指定接口 17 优先级为 2
Switch2(config-multilk-group)# protected mstp instance 1	指定保护的 MSTP Instance
Switch2(config-multilk-group)# protected mstp instance 2	指定保护的 MSTP Instance
Switch2(config-multilk-group)# flush send control-vlan 10 password simple b	设置控制 VLAN 并指定 Multi-Link 发送端的密码
Switch2(config-multilk-group)# multilink-enhance interface eth-0-9	设置发送 Multi-Link 增强报文的接口
Switch2(config-multilk-group)# group enable	启用 Multi-link 组
Switch2(config-multilk-group)# exit	退出 Multi-Link 组模式
Switch2(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# multi-link flush receive control-vlan 30 password simple a	配置该接口可以接收 Flush 报文，control vlan id 和 password 要和 Switch 1 配置 **flush send** 一致
Switch2(config-if)#end	退出接口配置模式

说明

Switch 3 和 Switch 4 只需要配置接收 Flush 报文即可。

4.6.4.4 显示与维护

命令	操作	说明
show multi-link	显示 Multi-link 的简要信息	-
show multi-link group [*group-id*]	显示指定 Multi-link 组或者全部 Multi-link 组的详细信息	Multi-Link 组 ID 的取值范围为 1～16
clear multi-link statistic	清除 Multi-link 的统计信息	-

- 显示Switch 1上Multi-link组1信息：

```
Switch1# show multi-link group 1

    Multi-link group 1 information:
     The multi-link group was enabled.
     ============================================================
     Auto-restore:
      state     time        count    Last-time
      disabled  60          0        N/A
     ============================================================
     Protected instance: 1  2
     Load balance instance:
     Flush sender , Control-vlan ID: 30   Password: a
     ============================================================
```

```
INTERFACE:
Role   Member    DownCount Last-Down-Time     FlushCount Last-Flush-Time
PRI1   eth-0-13  0       N/A            5       2017/05/15,07:50:11
PRI2   eth-0-17  0       N/A            0       N/A
PRI3   eth-0-9   1       2017/05/15,07:48:46 5       2017/05/15,07:50:11
PRI4   N/A       0       N/A            0       N/A
============================================================
Instance states in the member interfaces:
 A-ACTIVE ,  B-BLOCK , A(E)-ENHANCE_ACTIVE   D-The interface is link-down
Map-instance-ID  P1(eth-0-13)   P2(eth-0-17)   P3(eth-0-9)    P4(N/A)
1          A          B          B          D
2          A          B          B          D
```

- 显示Switch 1上Multi-link的简要信息：

```
Switch1# show multi-link
Relay multi-link flush packet is enabled
Multi-link enhance receiver interface:
  eth-0-9   control-vlan:10   password:b
Multi-link received flush packet number : 0
Multi-link processed flush packet number: 0
Multi-link received enhance packet number : 4
Multi-link processed enhance packet number: 4
Multi-link tcn is disabled
Multi-link tcn query count   : 2
Multi-link tcn query interval : 10
Multi-link Group Number is 1.
 Group-ID   State     Pri-1     Pri-2     Pri-3     Pri-4
```

```
1       enabled    eth-0-13   eth-0-17   eth-0-9    N/A
```

- 显示Switch 2上Multi-link组1信息：

```
Switch2# show multi-link group1

Multi-link group 1 information:

The multi-link group was enabled.

============================================================

Auto-restore:

 state     time        count    Last-time

 disabled  60          0        N/A

============================================================

Protected instance: 1  2

Load balance instance:

Flush sender , Control-vlan ID: 10    Password: b

Multilk enhance interface: eth-0-9, Control-vlan ID: 10  Password: b

============================================================

INTERFACE:

Role   Member    DownCount Last-Down-Time     FlushCount Last-Flush-Time

PRI1   eth-0-13  1         2017/05/15,07:49:15 0         N/A

PRI2   eth-0-17  2         2017/05/15,07:50:03 3         2017/05/15,07:50:11
```

```
PRI3  N/A    0     N/A          0     N/A

PRI4  N/A    0     N/A          0     N/A

============================================================

ENHANCE INTERFACE:

Role    Member     DownCount  Last-Down-Time        EnhanceCount  Last-
SendEnhance-Ti

me

M-En  eth-0-9  0     N/A          0       N/A


============================================================

Instance states in the member interfaces:

 A-ACTIVE ,  B-BLOCK , A(E)-ENHANCE_ACTIVE   D-The interface is link-down

Map-instance-ID  P1(eth-0-13)   P2(eth-0-17)   P3(N/A)      P4(N/A)

1          A         B         D         D

2          A         B         D         D
```

- 显示Switch 2上Multi-link的简要信息：

```
Switch2# show multi-link

Relay multi-link flush packet is enabled

 Multi-link received flush packet number : 0

 Multi-link processed flush packet number: 0

 Multi-link received enhance packet number : 0
```

```
Multi-link processed enhance packet number: 0
Multi-link tcn is disabled
Multi-link tcn query count   : 2
Multi-link tcn query interval : 10
Multi-link Group Number is 1.
 Group-ID   State     Pri-1     Pri-2     Pri-3     Pri-4
 1          enabled   eth-0-13  eth-0-17  N/A       N/A
```

4.7 Monitor Link 配置

4.7.1 简介

Monitor Link 是对 Smart Link 进行补充而引入的端口联动方案，用于扩展 Smart Link 的链路备份的范围。通过监控上行链路对下行链路进行同步设置，如果上行链路出现故障，这一变化会迅速传达给下行设备，从而触发 Smart Link 的主备链路切换，防止长时间因上行链路故障而出现流量丢失。

4.7.2 配置 Monitor Link

4.7.2.1 创建 Monitor Link 组

表 4-32 创建 Monitor Link 组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# monitor-link group 1	创建一个 Monitor Link 组，并进入 Monitor Link 组配置	Monitor Link 组 ID 的取值范围为 1~16

命令举例	操作	说明
	模式	
Switch(config-mtlk-group)# exit	退出 Monitor Link 组配置模式	-

4.7.2.2 创建上联/下联端口

各类端口中只有物理端口和 Agg 端口才可以作为 Monitor Link 的上联端口。

表 4-33 创建上联端口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# monitor-link group 1	创建一个 Monitor Link 组，并进入 Monitor Link 组配置模式	Monitor Link 组 ID 的取值范围为 1~16
Switch(config-mtlk-group)# monitor-link uplink interface eth-0-1	为 Monitor Link 组添加上联端口 eth-0-1	缺省情况下，未指定 Monitor Link 组的上联端口

表 4-34 创建下联端口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# monitor-link group 1	创建一个 Monitor Link 组，并进入 Monitor Link 组配置模式	Monitor Link 组 ID 的取值范围为 1~16

命令举例	操作	说明
Switch(config-mtlk-group)# monitor-link downlink interface eth-0-1	为 monitor link 组添加下联端口 eth-0-1	缺省情况下，未指定 Monitor Link 组的下联端口

4.7.2.3 配置下联端口恢复时间

如果上联端口状态恢复为 up，所有的下联端口状态也将在指定的恢复时间后改为 up。以防止上联端口不停 up/down 导致下联端口频繁改变状态。

表 4-35 配置下联端口恢复时间

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# monitor-link recover-time 1	配置 Monitor Link 组下联端口恢复时间为 1 秒	Monitor Link 组下联端口恢复时间的取值范围为 0~60，单位：秒；缺省情况下，下联端口恢复时间为 3 秒

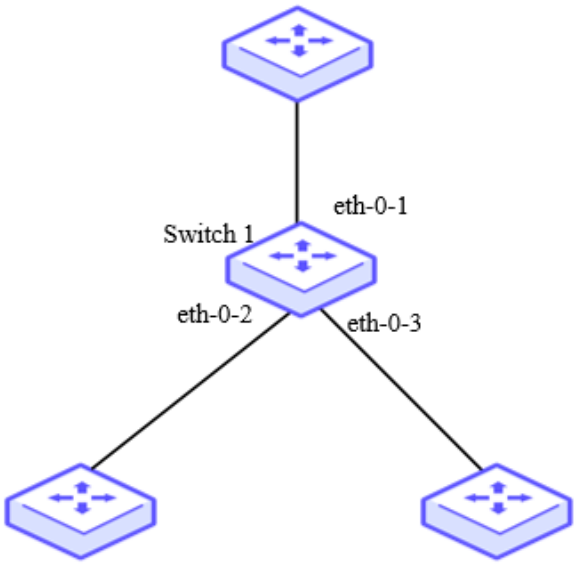
4.7.3 配置举例

4.7.3.1 介绍

在 Switch 1 上为 Monitor Link 组创建上联和下联端口，如图 4-7 所示。

4.7.3.2 拓扑

图 4-7 Monitor Link 典型拓扑图



4.7.3.3 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# interface range eth-0-1 - 3	进入接口配置模式
Switch1(config-if-range)# no shutdown	打开端口
Switch1(config-if-range)# exit	退出接口配置模式
Switch1(config)# monitor-link group 1	创建 Monitor Link 组 1，并进入 Monitor Link 组配置模式
Switch1(config-mtlk-group)# monitor-link uplink interface eth-0-1	将端口 eth-0-1 作为上联端口
Switch1(config-mtlk-group)# monitor-link	将端口 eth-0-2 作为下联端口

命令举例	操作步骤
downlink interface eth-0-2	
Switch1(config-mtlk-group)# monitor-link downlink interface eth-0-3	将端口 eth-0-3 作为下联端口
Switch1(config-mtlk-group)# end	退出 Monitor Link 组配置模式

4.7.3.4 显示与维护

命令	操作	说明
show monitor-link group [*group-id*]	显示指定 Monitor Link 组或者全部 Monitor Link 组的信息	Monitor Link 组 ID 的取值范围为 1～16

显示 Switch 1 上的 Monitor Link 组的信息：

```
Switch1# show monitor-link group

    Group Id: 1
    Monitor link status: UP
    Role   Member  Last-up-time    Last-down-time      upcount  downcount
    UpLk 1 eth-0-1 2011/07/15,02:07:31 2011/07/15,02:07:31   2      1
    DwLk 1 eth-0-2 2011/07/15,02:07:34 2011/07/15,02:07:31   1      1
    DwLk 2 eth-0-3 N/A             N/A                0      0
```

4.8 VRRP 配置

4.8.1 简介

一般情况下，子网内的所有主机都会设置一条相同的到网关的缺省路由。主机发出的所有不在本网段的目的地址的报文将通过缺省路由发往网关，从而实现主机与外部网络的通信。当网关发生故障时，本网段内所有以网关为缺省路由的主机将中断与外部网络的通信。

缺省路由为用户的配置操作提供了方便，但是对缺省网关设备提出了很高的稳定性要求。出口网关的增加可以提高系统的可靠性，而如何能在多个出口之间选择IP路由的问题还有待解决。

虚拟路由器冗余协议（Virtual Router Redundancy Protocol，缩写：VRRP）可以解决以上问题。在具有多播或广播能力的局域网（如以太网）中，借助VRRP能在某台设备出现故障时仍然提供高可靠的缺省链路，而无需修改用户的配置信息。

VRRP 将局域网内的一组路由器（包括一个 Master 路由器和若干个 Backup 路由器）组成一个备份组，功能上相当于一台虚拟路由器。

VRRP 备份组具有以下特点：

- 局域网内的主机仅需要获取这个虚拟路由器的 IP 地址，并将其设置为缺省路由的下一跳地址。
- 网络内的主机通过这个虚拟路由器与外部网络进行通信。
- 备份组内的路由器根据一定的选举机制，分别承担网关的功能。当备份组内承担网关功能的路由器发生故障时，其余的路由器将取代它继续履行网关职责。

4.8.1.1 参考

VRRP 参考文档如下：

RFC 3768（VRRP）：Knight, S., et.al "Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)

4.8.1.2 术语解释

Backup Router：VRRP 备份路由器。当 Master 路由器转发失败的时候启用备份路由器。

Critical IP：VRRP 路由器发送/接收一个特定的会话信息的 IP 地址。

IP Address Owner：VRRP 路由器将虚拟路由器的 IP 地址作为真实的接口地址。当这台设备正常工作时，它会响应目的地址是虚拟 IP 地址的报文，如 ping、TCP 连接等。

Master Router：拥有虚拟 IP 地址的路由器。此时它成为主机的默认网关，负责转发数据流。

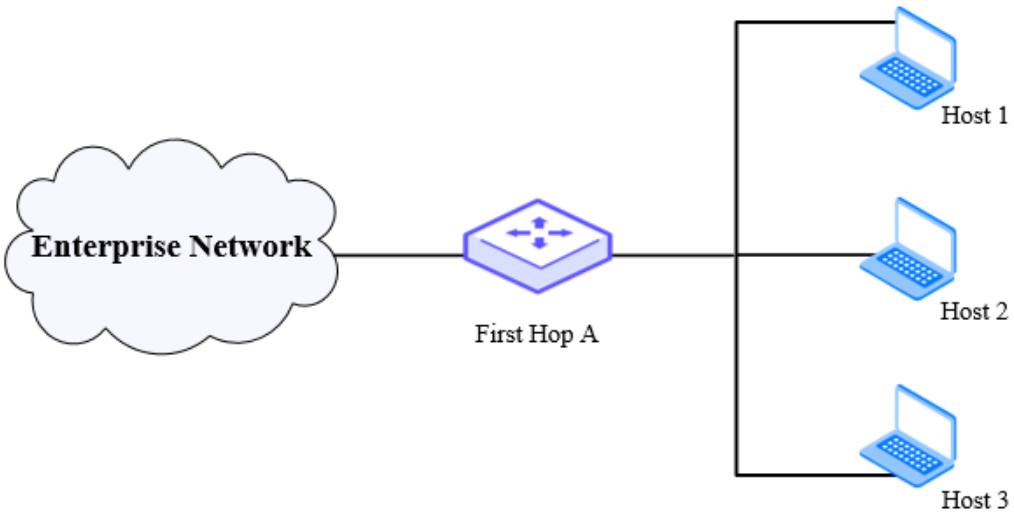
Virtual IP：虚拟路由器的 IP 地址，一个虚拟路由器可以有一个 IP 地址，由用户配置。

Virtual Router：由 VRRP 管理的抽象设备，又称为 VRRP 备份组，被当作一个共享局域网内主机的缺省网关。它包括了一个虚拟路由器标识符和一个虚拟 IP 地址。

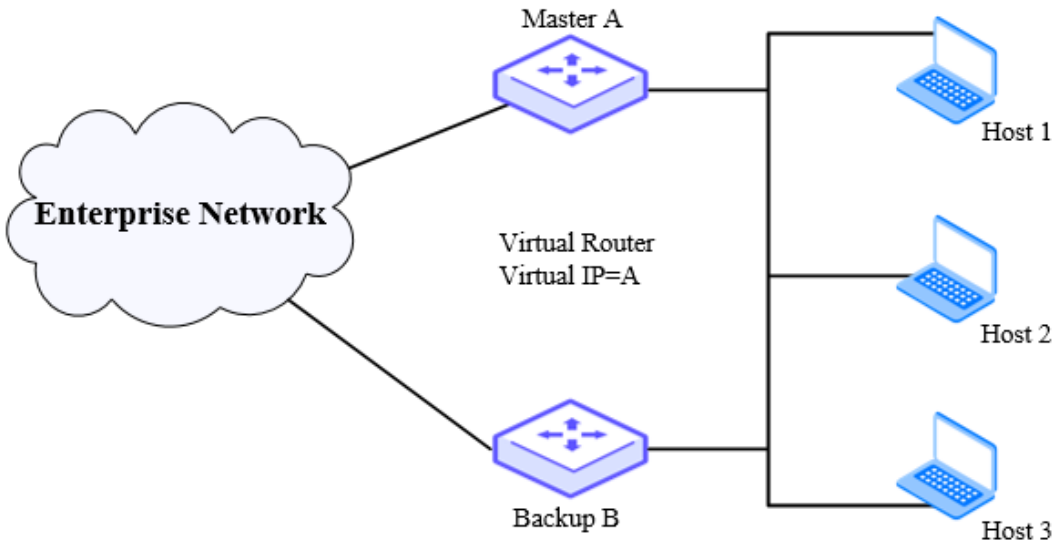
VRRP Router：运行 VRRP 的设备，它可能属于一个或多个虚拟路由器。

4.8.1.3 VRRP Process

通常情况下，终端主机是通过将在同一个局域网内的路由器作为其第一个下一跳连接到企业网的。终端主机最常见的配置就是静态配置这个默认网关。这可以最大限度地减少配置和处理开销。如果第一跳路由器出现问题，它会产生一个单点故障。



虚拟路由器冗余协议试图通过引入一个虚拟路由器的概念来解决这个问题，它通常由在同一子网中的两个或两个以上的 VRRP 路由器组成。同时它还引入了一个虚拟 IP 地址的概念，终端主机使用这个 IP 作为它们的默认网关地址。只有主路由器负责转发数据包，在主路由器出现故障时，其他路由器（备份）中的一个代替主路由器负责转发。



上述配置概述可能不是非常有用，因为它的成本增加一倍，并且一台路由器在大部分时间都处于闲置的状态。然而，我们可以创建两个虚拟路由器进行负载分担来避免这个问题。详情请参考配置举例。

说明

VRRP 不支持 MD5 验证。

4.8.2 配置 VRRP/VRRP IPv6

4.8.2.1 创建虚拟路由器组

在同一个虚拟路由器组内的路由器，必须配置相同的虚拟路由器组标识符。在使用 **no** 命令退出指定的虚拟路由器之前，必须先 disable VRRP，使其处于 init 状态。

表 4-36 创建虚拟路由器组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router vrrp 1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP 组标识符的取值范围为 1~255
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6 特性	-
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP IPv6 组标识符的取值范围为 1~255
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式	-

4.8.2.2 配置虚拟 IP/IPv6 地址

表 4-37 创建虚拟 IP/IPv6 地址

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# ipv6 enable	全局使能 ipv6 enable	
Switch(config)# router vrrp 1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP 组标识符的取值范围为 1~255
Switch(config-router)#virtual-ip 10.0.1.20	配置虚拟 IP 地址	VRRP 组中的所有路由器都必须与这个虚拟路由器使用相同的主网络地址
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP IPv6 组标识符的取值范围为 1~255
Switch(config-router)#virtual-ipv6 2010::254 backup	配置虚拟 IPv6 地址	VRRP IPv6 组中的所有路由器都必须与这个虚拟路由器使用相同的主网络地址

4.8.2.3 配置端口启用 VRRP

表 4-38 配置端口启用 VRRP

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router vrrp 1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP 组标识符的取值范围为 1~255

命令举例	操作	说明
Switch(config-router)# interface eth-0-1	设置在端口 eth-0-1 上启动 VRRP	在同一个接口上，启用 VRRP 的数量不要超过 3 个

4.8.2.4 开启/关闭 VRRP 与 VRRP IPv6

表 4-39 开启/关闭 VRRP

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router vrrp 1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP 组标识符的取值范围为 1~255
Switch(config-router)# enable	开启 VRRP 功能	-
Switch(config-router)# disable	关闭 VRRP 功能	
Switch(config)# ipv6 enable	全局使能 ipv6 enable	
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建虚拟路由器组 1 并进入其配置模式	VRRP IPv6 组标识符的取值范围为 1~255
Switch(config-router)# enable	开启 VRRP IPv6 功能	-
Switch(config-router)# disable	关闭 VRRP IPv6 功能	

4.8.3 配置举例

4.8.3.1 配置一个虚拟路由器

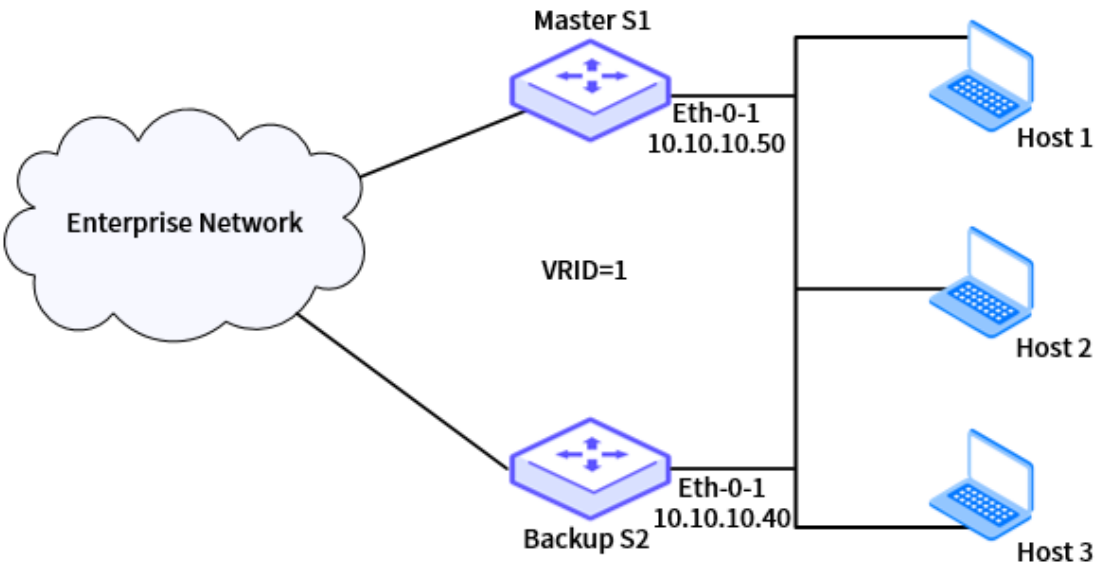
i. 介绍

主备备份方式表示业务仅由 Master 路由器承担。当 Master 路由器出现故障时，才会从其他 Backup 路由器选举出一个接替工作。主备备份方式仅需要一个备份组，不同路由器在该备份组中拥有不同优先级，优先级最高的路由器将成为 Master 路由器。

如图 4-8 所示，所有的终端主机将虚拟路由器 1 作为其默认网关。路由器 S1 和 S2 都运行了 VRRP 协议。S1 配置为虚拟路由器 1（VRID = 1）的主路由器，S2 作为虚拟路由器 1 的备份路由器。如果 S1 出现问题，S2 将接管转发，并为主机提供不间断的服务。这样的配置只有一个虚拟路由器，S2 被闲置。

ii. 拓扑

图 4-8 配置单虚拟路由



iii. 配置方法

配置 S1 为虚拟路由器 1 的主路由器，S2 为虚拟路由器 1 的备份路由器。

S1：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置端口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::1/64	设置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.50/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router vrrp 1	创建虚拟路由器组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.50	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface eth-0-1	配置 VRRP 组的应用端口
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔
Switch (config-router)# bfd 10.10.10.40	配置 BFD 会话
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指

命令举例	操作步骤
	定接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::254 backup	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1

S2：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置端口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.40/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::2/64	设置 IPv6 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 虚拟路由器组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.50	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface eth-0-1	配置 VRRP 组的应用端口
Switch(config-router)# priority 200	配置 VRRP 的优先级
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval	配置通告时间间隔

命令举例	操作步骤
5	
Switch (config-router)# bfd 10.10.10.50	配置 BFD 会话
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::254 backup	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1

4.8.3.2 配置两个虚拟路由器

i. 介绍

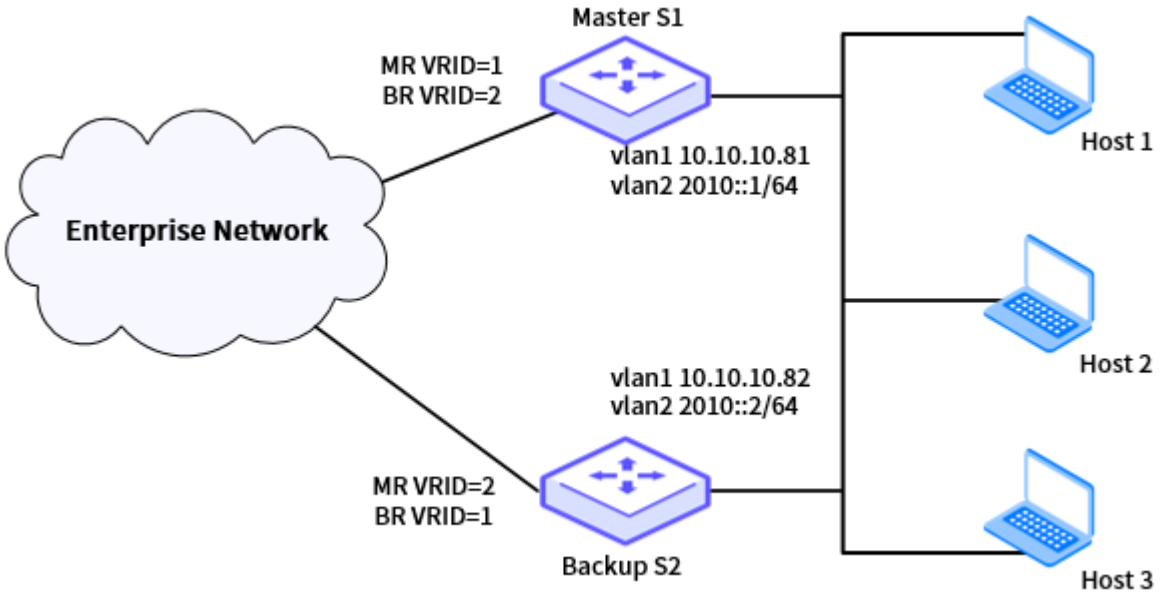
在路由器的一个接口上可以创建多个备份组，使得该路由器可以在一个备份组中作为 Master 路由器，在其他的备份组中作为 Backup 路由器。

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备份组，每个备份组都包括一个 Master 路由器和若干个 Backup 路由器，各备份组的 Master 路由器可以各不相同。

下面的例子讲述如何使用两个虚拟路由器进行负载分担。S1 和 S2 各自转发不同的流量，它们之间互为备份，确保流量的负载均衡。

ii. 拓扑

图 4-9 配置IPv4、IPv6 各两个虚拟路由器



iii. 配置方法

S1：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch# vlan database	进入 vlan 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 2	创建 vlan 2
Switch(config-if)# exit	退出 vlan 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置端口 trunk 接口
Switch(config-if)#switchport trunk allowed	设置接口加入 vlan 2

命令举例	操作步骤
vlan add 2	
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.81/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 虚拟路由器组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.81	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface vlan1	配置 VRRP 组的应用端口
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔为 5 秒
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router vrrp 2	创建 VRRP 虚拟路由器组 2
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.82	设置虚拟 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# interface vlan1	配置 VRRP 组的应用端口
Switch(config-router)# priority 200	配置 VRRP 的优先级
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔 5 秒
Switch (config-router)# bfd 10.10.10.82	配置 BFD 会话
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 2
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 vlan2	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定 接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::1 master	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router ipv6 vrrp 2 vlan2	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定 接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::2 backup	设置虚拟 IPv6 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式

S2：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch# vlan database	进入 vlan 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 2	创建 vlan 2
Switch(config-if)# exit	退出 vlan 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置端口 trunk 接口
Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan add 2	设置接口加入 vlan 2
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.82/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::2/64	配置 IPv6 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 虚拟路由器组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.81	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface vlan1	配置 VRRP 组应用端口
Switch(config-router)# priority 200	设置 VRRP 的优先级
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔 5 秒
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router vrrp 2	创建 VRRP 虚拟路由器组 2
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.82	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface vlan1	配置 VRRP 组应用端口
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔 5 秒
Switch (config-router)# bfd 10.10.10.81	配置 BFD 会话
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 2
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 vlan2	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定 接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::1 backup	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router ipv6 vrrp 2 vlan2	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定 接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::2 master	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式

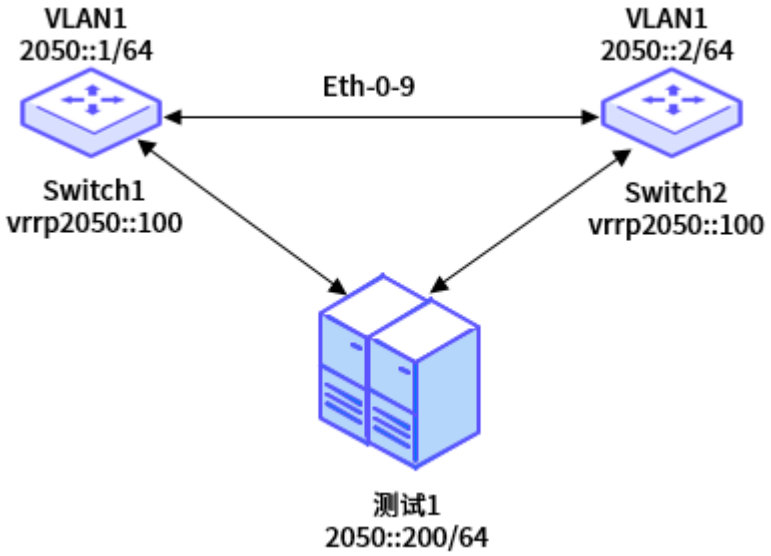
4.8.3.3 配置 MLAG VRRP 双主模式

i. 介绍

MLAG 模式下配置 VRRP 双活网关。

ii. 拓扑

图 4-10 配置 MLAG VRRP 双主模式示意图



S1：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	全局使能 ipv6
...	参考 mlag 配置 mlag
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 虚拟路由器组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.100	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface vlan1	配置 VRRP 组的应用端口
Switch(config-router)# passive-mode true	配置双主模式
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 vlan1	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2050::100 master	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# passive-mode true	配置双主模式
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式

S2：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	全局使能 ipv6
...	参考 mlag 配置 mlag
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 虚拟路由器组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.100	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface vlan1	配置 VRRP 组的应用端口
Switch(config-router)# passive-mode true	配置双主模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 vlan1	创建 VRRP IPv6 虚拟路由器组 1 并指定接口
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2050::100 master	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# passive-mode true	配置双主模式
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式

4.8.3.4 配置 VRRP Circuit Failover

i. 介绍

之所以需要 VRRP 链路故障检测功能，是由于 VRRPv2 无法跟踪网关上行链路状态。引入对上行链路的监控可以有效地驱动虚拟路由器的切换，从而避免“黑洞路由”。当主路由器上行接口链路发生故障时，原来的 Master 路由器将切换为 Backup 路由器，而原来的 Backup 路由器将接替成为 Master 路由器。

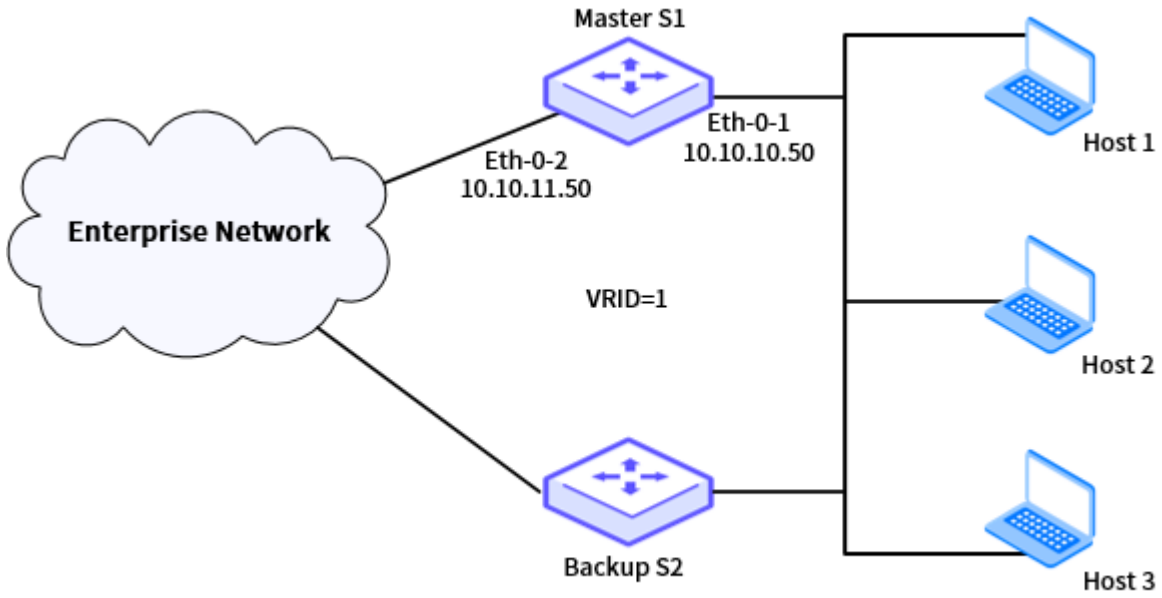
为了实现 VRRP 链路故障检测功能，我们需要为监视的接口配置一个 priority-delta 值，这个值将被附加到 Master 路由器中，实现 VRRP 路由器从 Master 与 Backup 之间的切换。

在下面的例子中，两个路由器 S1 和 S2 配置了不同的优先级值，priority-delta 的配置要大于 S1 和 S2 优先级之间的差值。S1 配置有一个 100 的优先级，S2 有一个 90 的优先级，由

于 S1 优先级较高成为 Master 路由器。priority-delta 值配置为 20，当 S1 的上行接口 eth2 发生故障，S1 的优先级将变为 80（100－20）。此时由于 S2 比 S1 有更大的优先级，S2 则成为 Master 路由器。当 S1 恢复后，S1 优先级为 100，重新成为 Master 路由器。

ii. 拓扑

图 4-11 配置VRRP Circuit Failover示意图



iii. 配置方法

S1：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置三层接口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.50/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口地址
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.50/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# track 10 interface eth-0-2 linkstate	创建跟踪条件为端口的链路状态
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.1	指定虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface eth-0-1	配置 VRRP 组应用端口
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔为 5 秒
Switch(config-router)# priority 100	配置 VRRP 的优先级为 100
Switch(config-router)# track 10 decrement 20	跟踪 track10 并且 priority-delta 值为 20
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1

命令举例	操作步骤
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::254 backup	指定虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# track 10 decrement 30	跟踪 track10 并且 priority-delta 值为 30
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1

S2：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.40/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::2/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 组 1
Switch(config-router)# virtual-ip 10.10.10.1	设置虚拟 IP 地址
Switch(config-router)# interface eth-0-1	配置 VRRP 组应用端口

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# advertisement-interval 5	配置通告时间间隔为 5 秒
Switch(config-router)# priority 90	配置 VRRP 的优先级为 90
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP 组 1
Switch(config)# router ipv6 vrrp 1 eth-0-1	创建 VRRP IPv6 组 1
Switch(config-router)# virtual-ipv6 2010::254 backup	设置虚拟 IPv6 地址
Switch(config-router)# preempt-mode true	设置抢占模式
Switch(config-router)# priority 80	配置 VRRP IPv6 的优先级为 80
Switch(config-router)# enable	使能 VRRP IPv6 组 1

4.8.4 显示 VRRP/VRRP IPv6

命令	操作	说明
show vrrp [*group-id*]	查看 VRRP 协议的配置信息	group-id: VRRP 组编号；如果未指定，则查看所有 VRRP 组配置信息
show vrrp ipv6 [*group-id*] [*if-name*]	查看 VRRP IPv6 协议的配置信息	group-id: VRRP IPv6 组编号；如果未指定，则查看所有

命令	操作	说明
		VRRP IPv6 组配置信息 if-name:指定接口名

以上述的 4.8.3.2 中的配置为例，显示的 VRRP 协议的配置信息如下：

```
Switch# show vrrp 1
VRID <1>
State          : Master
Virtual IP       : 10.10.10.81(IP owner)
Interface        : vlan1
VMAC           : 0000.5e00.0101
VRF            : Default
Advt timer       : 5 second(s)
Preempt mode     : TRUE
Conf pri         : Unset       Run pri  : 255
Master router ip   : 10.10.10.81
Master priority    : 100
Master advt timer  : 5 second
Master down timer  : 15 second
Preempt delay      : 0 second(s)
Learn master mode  : FALSE

Switch# show vrrp 2
VRID <2>
State          : Backup
Virtual IP       : 10.10.10.82(Not IP owner)
```

```
Interface        : vlan1
VMAC             : 0000.5e00.0102
VRF              : Default
Advt timer       : 5 second(s)
Preempt mode     : TRUE
Conf pri         : 200        Run pri  : 200
Master router ip   : 10.10.10.82
Master priority    : 100
Master advt timer  : 5 second
Master down timer  : 15 second
Preempt delay      : 0 second(s)
Learn master mode  : FALSE

Switch# show vrrp ipv6 1 vlan 2
VMAC enabled
Address family IPv6
VRID <1>
 State           : master
 Virtual IPv6      : 2010::1
 Interface         : vlan2
 VMAC              : 0000.5e00.0201
 Advt timer        : 1 second
 Passive mode      : FALSE
 Preempt mode      : TRUE
 Conf pri          : Unset       Run pri  : 100
 Increased pri     : 0
```

```
Master priority    : 100
Master advt timer  : 1 second
Master down timer  : 4 second
Preempt delay      : 0 second
Learn master mode  : FALSE
BFD session state  : UNSET

Switch# show vrrp ipv6 2 vlan 2
VMAC enabled
Address family IPv6
VRID <2>
 State          : backup
 Virtual IPv6   : 2010::2
 Interface      : vlan2
 VMAC           : 0000.5e00.0202
 Advt timer     : 1 second
 Passive mode   : FALSE
 Preempt mode   : TRUE
 Conf pri       : Unset      Run pri  : 100
 Increased pri  : 0
 Master priority    : 100
 Master advt timer  : 1 second
 Master down timer  : 4 second
 Preempt delay      : 0 second
 Learn master mode  : FALSE
BFD session state  : UNSET
```

4.9 Track 配置

4.9.1 简介

Track是一种追踪技术，主要用于在不同模块之间建立关联，如监控模块与应用模块，实现模块间的关联动作。建立的联动充分发挥监控模块的作用，对网络性能进行监测，Track技术再将监测的结果通知给应用模块，以便应用模块及时作出处理动作。

本章节的内容主要介绍与 Track 联合的配置举例，如配置 IP SLA、创建 Track BFD、VRRP Track 以及静态路由与 Track 的联合应用等。

4.9.2 配置 Track

4.9.2.1 启用 IP SLA 监测

表 4-40 启用 IP SLA 监测

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip sla monitor 1	创建一个 IP SLA 并进入 IP SLA 配置模式	IP SLA 标识的取值范围为 1~255
Switch(config-ipsla)# exit	退出 IP SLA 配置模式	-
Switch(config)# ip sla monitor schedule 1	启用 IP SLA 监测	IP SLA 标识的取值范围为 1~255

4.9.2.2 配置 Track 与接口联动

表 4-41 配置 Track 与接口联动

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# track 1 interface eth-0-1 linkstate	在端口 eth-0-1 上创建一个 Track 对象	Track 对象标识的取值范围为 1~500

4.9.2.3 配置 Track 与 BFD 联动

当 BFD 会话的状态为 up 时，Track 对象处于 up 状态；否则，Track 对象就处于 down 状态。

表 4-42 配置 Track 与 BFD 联动

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch (config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式	-
Switch (config-if)# no switchport	设置端口为三层接口	源端口必须是一个三层接口，且已配置 IP 地址
Switch (config-if)# no shutdown	使能端口	
Switch (config-if)# ip address 9.9.9.1/24	配置 IP 地址	

命令举例	操作	说明
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式	-
Switch (config)# track 1 bfd source interface eth-0-9 destination 9.9.9.2	创建一个用于 Track BFD 监视条目的 Track 对象	Track 对象标识的取值范围为 1~500；目的 IP 地址必须和源端口的 IP 地址在同一网段内

4.9.2.4 配置 VRRP 组监视端口

使用 Track 来监视一个处于 up 状态的端口，一般这个端口是报文的上行链路。 当这个端口 down 掉的时候，Master 路由器的优先级将会减少，相应的设置了抢占模式为 TRUE 的 Backup 路由器就可以成为 Master 路由器。因此，递减值的设置一定要大于 Master 和 Backup 路由器的优先级之差。

一个特定的 VRRP 组中只能有一个 Track 对象，后一个配置的 Track 对象总是会将前一个覆盖。

表 4-43 配置 VRRP 组监视端口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)#track 10 interface eth-0-1 linkstate	在端口 eth-0-1 上创建一个 track 对象	Track 对象标识的取值范围为 1~500
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 条目	VRRP 组标识符的取值范围为 1~255

命令举例	操作	说明
Switch(config-router)#track 10	配置 VRRP 组的监视端口	跟踪对象 ID 的取值范围为 1~500

4.9.2.5 配置静态路由与 Track 条目

表 4-44 配置静态路由与 Track 条目

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)#ip route 10.10.10.0/24 192.168.1.11 track 1	配置静态路由并指定 Track 条目	Track 对象标识的取值范围为 1~500；缺省情况下，未配置静态路由
Switch(config)# exit	退出全局配置模式	-

4.9.3 Track 典型配置举例

4.9.3.1 配置 IP SLA 举例

i. 介绍

IP SLA (Service Level Agreement) 是通过“动态监测”的方式对网络性能进行测量和诊断的工具。“动态监测”是指在交换机中，用 ping 的方式来衡量网络是否连通和网络的性能。每一个 IP SLA 均维护其各自操作时生成的一个返回值。这个返回值将会被 tracking 进程所中断。返回值可以是 OK，超过阈值，还有其他返回代码。不同的操作可以有不同的返回值。因此在系统中，只使用操作类型共通的返回值。在 IP SLA 中，我们可以通过使用 ICMP echo 来检查状态或路由的可达性。

ii. 拓扑

图 4-12 IP SLA拓扑图



iii. 配置方法

1. 配置VRF接口

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip vrf vpn1	创建 VRF 条目
Switch(config-vrf)# exit	退出 VRF 模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip vrf forwarding vpn1	在接口上启用 VRF 转发表
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.2/24	配置 IP 地址
Switch(config)# ip sla monitor 1	创建一个 IP SLA 条目，并进入 IP SLA 配置模式
Switch(config-ipsla)# type icmp-echo	定义一个 ICMP 报文的 echo 操作，并

命令举例	操作步骤
192.168.0.1	输入它的目的 IP 地址
Switch(config-ipsla)# frequency 35	设置发送间隔
Switch(config-ipsla)# timeout 6	设置超时时间
Switch(config-ipsla)# threshold 6000	设置阈值时间
Switch(config-ipsla)# ttl 65	设置 ttl
Switch(config-ipsla)# tos 1	设置 tos
Switch(config-ipsla)# data-size 29	设置 data size
Switch(config-ipsla)# data-pattern abababab	设置 data pattern
Switch(config-ipsla)# fail-percent 90	设置 fail 百分比
Switch(config-ipsla)# packets-per-test 4	设置单次检测探针数
Switch(config-ipsla)# interval 9	设置探针之间时间间隔
Switch(config-ipsla)# statistics packet 10	设置 packet 统计数
Switch(config-ipsla)# statistics test 3	设置保存最近几次测试结果
Switch(config-ipsla)# vrf vpn1	应用 VPN1
Switch(config-ipsla)# exit	退出 IP SLA 模式
Switch(config)# ip sla monitor schedule 1	启用 IP SLA 功能
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip vrf vpn1	创建 VRF 条目
Switch(config-vrf)# exit	退出 VRF 模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip vrf forwarding vpn1	在接口上启用 VRF 转发表
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.1/24	配置 IP 地址

2. 配置三层接口

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.2/24	配置 IP 地址
Switch(config)# ip sla monitor 1	创建一个 IP SLA 条目，并进入 IP SLA 配置模式
Switch(config-ipsla)# type icmp-echo 192.168.0.1	定义一个 ICMP 报文的 echo 操作，并输入它的目的 IP 地址或者主机名
Switch(config-ipsla)#frequency 10	设置发送间隔
Switch(config-ipsla)#timeout 5	设置超时时间

命令举例	操作步骤
Switch(config-ipsla)#threshold 1	设置阀值时间
Switch(config-ipsla)#exit	退出 IP SLA 模式
Switch(config)# ip sla monitor schedule 1	启用 IP SLA 功能
Switch(config)#exit	退出全局配置模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.1/24	配置 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# shutdown	打开端口

3. 配置静态路由的端口

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.2/24	配置 IP 地址
Switch(config)# ip sla monitor 2	创建 SLA 条目
Switch(config-ipsla)# type icmp-echo 1.1.1.1	定义一个 ICMP 报文的 echo 操作，并输入它的目的 IP 地址或者主机名
Switch(config-ipsla)# frequency 10	设置发送间隔
Switch(config-ipsla)# timeout 5	设置超时时间
Switch(config-ipsla)# threshold 1	设置阀值时间
Switch(config-ipsla)# exit	退出 IP SLA 模式
Switch(config)# ip sla monitor schedule 2	启用 IP SLA 功能
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip route 1.1.1.1/32 192.168.0.1	配置静态路由

iv. 命令验证

命令	操作	说明
show ip sla monitor [*entry-number*]	显示 IP SLA 监视条目	entry-number: IP SLA 监视条目的标识符，取值范围为 1~255

根据上述的配置方法，显示的结果分别如下：

(1)

```
Switch# show ip sla monitor 1
Entry 1
  Type            : Echo
  Admin state     : Disable
  Destination address : 192.168.0.1
  Frequency       : 35s
  Timeout         : 6s
  Threshold       : 6000ms
  Interval        : 9s
  Packet per test   : 4
  TTL             : 65
  TOS             : 1
  Data Size       : 29 bytes
  Fail Percent    : 90%
  Packet Item Cnt   : 10
  Test Item Cnt   : 3
  Vrf             : vpn1
  Return code     : Unknown
```

(2)

```
Switch# show ip sla monitor
Entry 1
  Type              : Echo
  Admin state               : Enable
  Destination address           : 192.168.0.1
  Frequency                 : 10 seconds
  Timeout           : 5 seconds
  Threshold             : 5 seconds
  Running Frequency             : 8 seconds
Return code             : OK
Switch# ping 192.168.0.1
PING 192.168.0.1 (192.168.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.846 ms
64 bytes from 192.168.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.643 ms
64 bytes from 192.168.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.978 ms
64 bytes from 192.168.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.640 ms
64 bytes from 192.168.0.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.704 ms
```

```
Switch# show ip sla monitor
Entry 1
  Type              : Echo
  Admin state               : Enable
  Destination address           : 192.168.0.1
  Frequency                 : 10 seconds
  Timeout           : 5 seconds
  Threshold             : 5 seconds
```

```
    Running Frequency          : 9 seconds
    Running Timeout            : 4 seconds
    Running Threshold          : 4 seconds
  Return code                  : Timeout
```

(3)

```
Switch# show ip sla monitor 2
Entry 2
  Type                  : Echo
  Admin state           : Enable
  Destination address   : 1.1.1.1
  Frequency             : 10 seconds
  Timeout               : 5 seconds
  Threshold             : 5 seconds
  Running Frequency     : 1 seconds
  Return code           : Unreachable
Switch# ping 1.1.1.1
connect: Network is unreachable
```

```
Switch# ping 1.1.1.1
PING 1.1.1.1 (1.1.1.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.03 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.63 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.661 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.762 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.942 ms
Switch# show ip sla monitor 2
```

```
Entry 2
  Type                  : Echo
  Admin state                   : Enable
  Destination address               : 1.1.1.1
  Frequency             : 10 seconds
  Timeout               : 5 seconds
  Threshold             : 5 seconds
  Running Frequency             : 8 seconds
  Return code                   : OK
```

4.9.3.2 配置 Track 与 IP SLA 联动举例

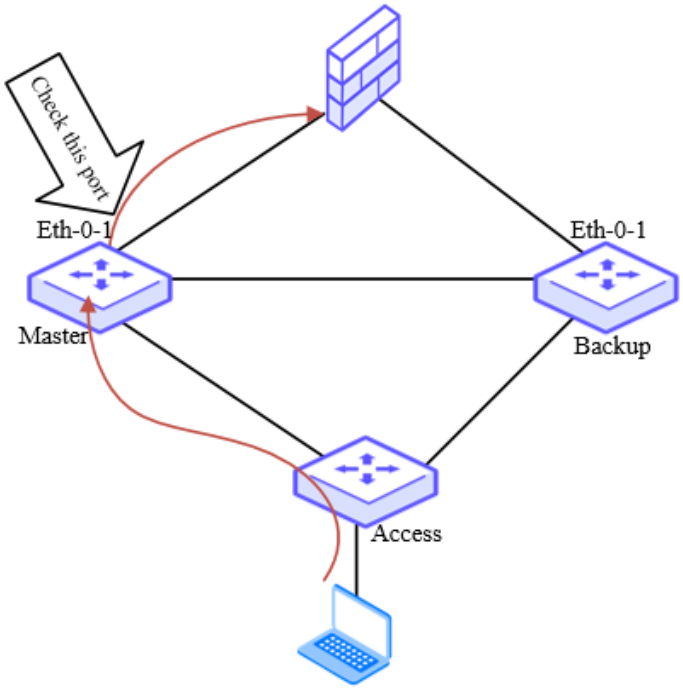
1. 配置Track

i. 介绍

VRRP 的监视接口功能更好地扩充了备份功能。当备份组中某路由器的接口出现故障时，VRRP 的监视接口可以提供备份功能；当路由器的其它接口（如连接上行链路的接口）不可用时，它也能提供备份功能。路由器连接上行链路的接口出现故障时，备份组无法感知上行链路的故障，如果该路由器此时处于 Master 状态，将会导致局域网内的主机无法访问外部网络。通过监视指定接口的功能，可以解决该问题。当连接上行链路的接口处于 down 状态时，路由器主动降低自己的优先级，使得备份组内其它路由器的优先级高于这个路由器，以便优先级最高的路由器成为 Master，承担转发任务。

ii. 拓扑

图 4-13 Track拓扑图



iii. 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# track 1 interface eth-0-1 linkstate	创建跟踪的条目
Switch(config-track)# delay up 30	从 Down 到 Up 的时间
Switch(config-track)# delay down 30	从 Up 到 Down 的时间
Switch(config-track)#exit	退出监控模式
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

iv. 命令验证

命令	操作	说明
show track [*object-id*]	显示 track 对象的信息	object-id: track 对象的标识，取值范围为 1~500

显示 track 对象的信息：

```
Switch#show track

    Track 2
      Type           : Interface Link state
      Interface      : eth-0-1
      State          : down
      Delay up       : 30 seconds
    Delay down       : 30 seconds
```

2. 配置Track与IP SLA

i. 拓扑

图 4-14 Track Timeout示意图

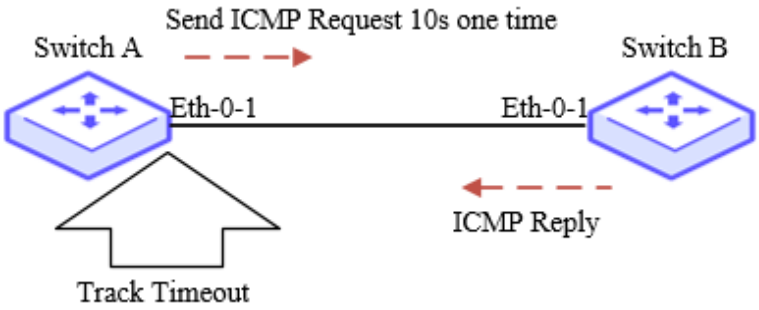
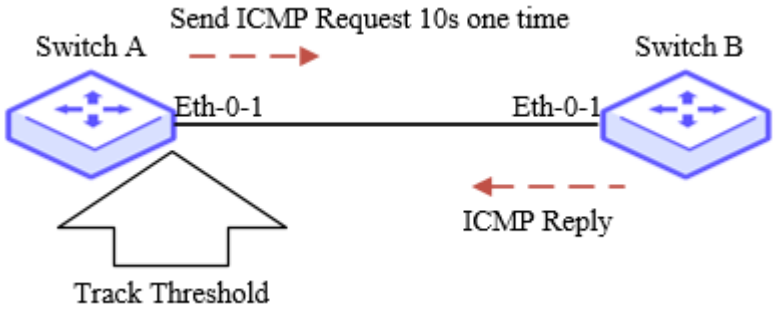


图 4-15 Track Threshold示意图



ii. 配置方法

a) 配置Track的可达性

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# track 1 rtr 1 reachability	配置 Track 的可达性
Switch(config-track)# delay up 30	从 Down 到 Up 的时间
Switch(config-track)# delay down 30	从 Up 到 Down 的时间
Switch(config-track)#exit	退出监控模式
Switch(config)#exit	退出全局配置模式
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.2/24	配置 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ip sla monitor 1	创建 SLA 的条目
Switch(config-ipsla)# type icmp-echo 192.168.0.1	定义一个 ICMP 报文的 echo 操作，并输入它的目的 IP 地址
Switch(config-ipsla)# frequency 10	设置发送间隔
Switch(config-ipsla)# timeout 5	设置超时时间
Switch(config-ipsla)# threshold 1	设置阀值时间
Switch(config-ipsla)# exit	退出 SLA 模式
Switch(config)# ip sla monitor schedule 1	启用 IP SLA 功能
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.1/24	配置 IP 地址

b) 配置Track的状态

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# track 1 rtr 1 state	配置 Track 的状态
Switch(config-track)# delay up 30	从 Down 到 Up 的时间
Switch(config-track)# delay down 30	从 Up 到 Down 的时间
Switch(config-track)#exit	退出 Track 模式
Switch(config)#exit	退出全局配置模式
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.2/24	配置 IP 地址
Switch(config)# ip sla monitor 1	创建 IP SLA 的条目
Switch(config-ipsla)# type icmp-echo 192.168.0.1	定义 IP SLA 的协议类型
Switch(config-ipsla)#frequency 10	设置发送间隔
Switch(config-ipsla)#timeout 5	设置超时时间
Switch(config-ipsla)#threshold 1	设置阀值时间
Switch(config-ipsla)#exit	退出 IP SLA 模式
Switch(config)# ip sla monitor schedule 1	启用 IP SLA 的监控
Switch(config)#exit	退出全局配置模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.1/24	配置 IP 地址

iii. 命令验证

命令	操作	说明
show track [*object-id*]	显示 track 对象信息	object-id: track 对象的标识，取值范围为 1~500

a)

```
Switch#show track
Track 1
  Type            : Response Time Reporter(RTR) Reachability
  RTR entry number    : 1
  State           : up
  Delay up          : 30 seconds
Delay down          : 30 seconds
```

b)

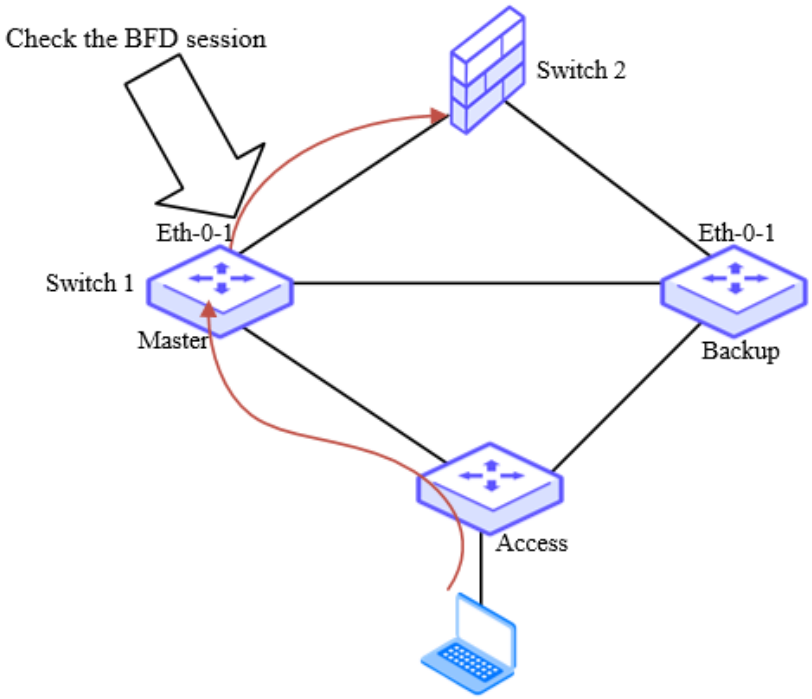
```
Switch# show track
Track 1
  Type            : Response Time Reporter(RTR) State
```

```
        RTR entry number    : 1
        State               : up
        Delay up            : 30 seconds
      Delay down            : 30 seconds
```

4.9.3.3 配置 Track BFD 举例

i. 拓扑

图 4-16 Track BFD示意图



ii. 配置方法

Switch 1:

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch1(config-if)# no switchport	设置端口为三层接口
Switch1(config-if)# no shutdown	使能端口
Switch1(config-if)# ip address 9.9.9.1/24	配置 IP 地址
Switch1(config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch1(config)# track 1 bfd source interface eth-0-1 destination 9.9.9.2	创建 BFD session 的 track 对象
Switch1(config-track)# delay up 30	从 Down 到 Up 的时间
Switch1(config-track)# delay down 30	从 Up 到 Down 的时间
Switch1(config-track)# exit	退出 Track 模式
Switch1(config)# exit	退出全局配置模式

Switch 2:

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch2(config-if)# no switchport	设置端口为三层接口
Switch2(config-if)# no shutdown	使能端口

命令举例	操作步骤
Switch2(config-if)# ip address 9.9.9.2/24	配置 IP 地址
Switch2(config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch2(config)# track 1 bfd source interface eth-0-1 destination 9.9.9.1	创建 BFD session 的 Track 对象
Switch2(config-track)# delay up 30	从 Down 到 Up 的时间
Switch2(config-track)# delay down 30	从 Up 到 Down 的时间
Switch2(config-track)# exit	退出 Track 模式
Switch2(config)# exit	退出全局配置模式

iii. 命令验证

- 显示 Switch 1 上的 Track BFD 的配置：

```
Switch1 #show track
Track 1
  Type            : BFD state
  Source interface   : eth-0-1
  Destination IP     : 9.9.9.2
  BFD Local discr    : 1
  State           : up
```

- 显示 Switch 2 上的 Track BFD 的配置：

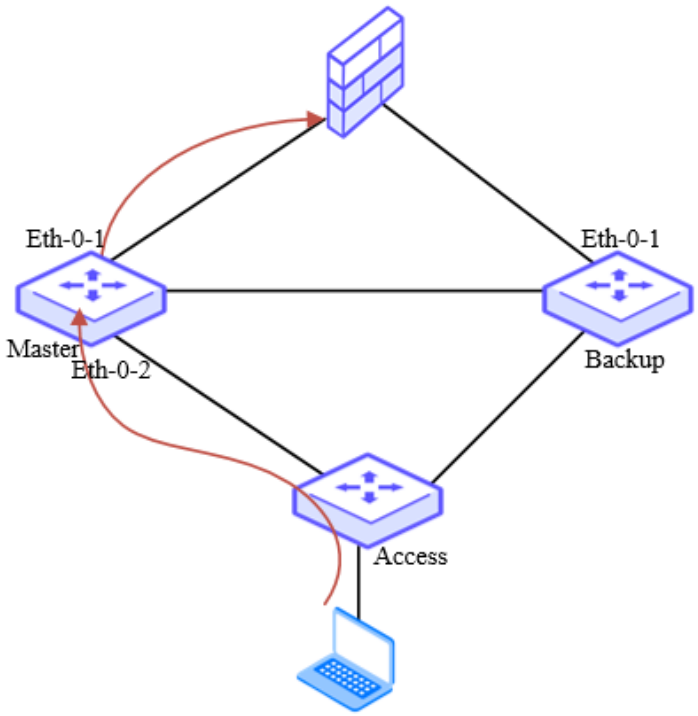
```
Switch2 # show track
Track 1
  Type            : BFD state
```

```
Source interface    : eth-0-1
Destination IP      : 9.9.9.1
BFD Local discr     : 1
State               : up
```

4.9.3.4 配置 VRRP Track 举例

i. 拓扑

图 4-17 VRRP Track示意图



ii. 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# track 1 interface eth-0-1 linkstate	配置 Track 条目
Switch(config-track)# exit	退出 Track 模式
Switch(config)# router vrrp 1	创建 VRRP 条目
Switch(config-router)# track 1 decrement 30	设置 VRRP 的规则
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

iii. 命令验证

命令	操作	说明
show vrrp [*group-id*]	查看 VRRP 协议的配置信息	group-id: VRRP 组编号；如果未指定，则查看所有 VRRP 组配置信息

查看 VRRP 协议的配置信息：

```
Switch# show vrrp
VRID <1>
 State          : Master
 Virtual IP     : 172.16.10.100(Not IP owner)
 Interface      : eth-0-2
```

```
VMAC            : 0000.5e00.0101

Advt timer      : 1

Preempt mode    : TRUE

Auth type       : NONE

Conf pri        : Unset       Run pri  : 70

Track Object    : 1

Delta pri       : 30

Master router ip   : 172.16.10.1

Master priority    : 70

Master advt timer  : 1

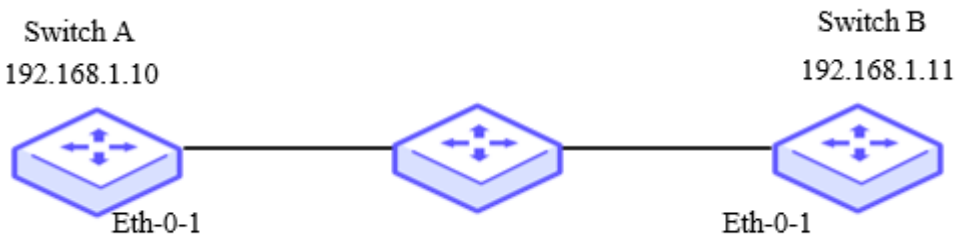
Master down timer  : 4

Learn master mode  : FALSE
```

4.9.3.5 配置 Track 与静态路由联动举例

i. 拓扑

图 4-18 Track与静态路由联动配置组网图



ii. 配置方法

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将端口配置为三层接口
Switch(config-if)# no shutdown	打开端口
Switch(config-if)# ip address 192.168.1.10/24	配置接口 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip sla monitor 1	创建一条 IP SLA 条目，并进入 IP SLA 配置模式
Switch(config-ipsla)# type icmp-echo 192.168.1.11	定义一个 ICMP 报文的 echo 操作，并输入它的目的 IP 地址
Switch(config-ipsla)# exit	退出 IP SLA 配置模式
Switch(config)# ip sla monitor schedule 1	启用 IP SLA 功能
Switch(config)# track 1 rtr 1 reachability	配置 Track 条目，并进入 Track 配置模式
Switch(config-track)# exit	退出 Track 配置模式
Switch(config)#ip route 10.10.10.0/24	配置静态路由并指定 Track 条目

命令举例	操作步骤
192.168.1.11 track 1	
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

Switch B:

a)

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将端口配置为三层接口
Switch(config-if)# no shutdown	打开端口
Switch(config-if)# ip address 192.168.1.11/24	配置接口 IP 地址

b)

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# shutdown	关闭端口

iii. 命令验证

a)

```
Switch# show ip sla monitor 1
Entry 1
  Type            : Echo
  Admin state     : Enable
  Destination address  : 192.168.1.11
  Frequency       : 60 seconds
  Timeout         : 5 seconds
  Threshold       : 5 seconds
  Running Frequency   : 49 seconds
Return code       : OK
Switch# show track 1
Track 1
  Type            : Response Time Reporter(RTR) Reachability
  RTR entry number    : 1
  State           : up
Switch# show ip route static
S      10.10.10.0/24 [1/0] via 192.168.1.11, eth-0-1
```

b)

```
Switch# show ip sla monitor 1
Entry 1
  Type            : Echo
  Admin state     : Enable
  Destination address  : 192.168.1.11
  Frequency       : 60 seconds
  Timeout         : 5 seconds
```

```
    Threshold          : 5 seconds
    Running Frequency  : 8 seconds
  Return code          : Timeout
  Switch# show track 1
  Track 1
    Type               : Response Time Reporter(RTR) Reachability
    RTR entry number   : 1
    State              : down
  Switch# show ip route static
  Switch#
```

4.10 VARP 配置

4.10.1 简介

虚拟ARP（Virtual-ARP，缩写：VARP）允许多台交换机根据相同的目的MAC地址同时转发报文。每台交换机都会配置相同的虚拟MAC地址，作为VLAN接口上虚拟IP地址的对应MAC地址。因为虚拟ARP在active-active模式下工作，并且没有额外的开销，所以在MLAG的应用环境中优于VRRP。

对于虚拟IP地址的ARP和GARP请求，虚拟ARP将会使用虚拟MAC地址回应。虚拟MAC地址只会在入方向的报文里出现，不会在出方向的报文源IP字段中出现。

4.10.2 配置 VARP

4.10.2.1 配置虚拟 MAC 地址

虚拟 MAC 地址为相应的虚拟 IP 地址提供对应的二层地址。这个地址只有在接收报文的时候

使用，对于交换机发出或转发的普通报文不会使用该地址。对于 ARP 报文，只有在回复虚拟 IP 地址的请求时会使用虚拟 MAC 地址。

表 4-45 配置虚拟 MAC 地址

命令	操作	说明
ip virtual-router mac *mac-address*	配置虚拟 MAC 地址	mac-address:虚拟 MAC 地址
no ip virtual-router mac	使用 **no** 命令配置为默认值	-

4.10.2.2 配置虚拟 IP/IPv6 地址

本命令配置端口上的虚拟 IP/IPv6 地址。该虚拟地址需要和端口上的地址在一个网段。如果虚拟 MAC 没有配置，系统不会回复虚拟 IP 地址的 ARP 请求。

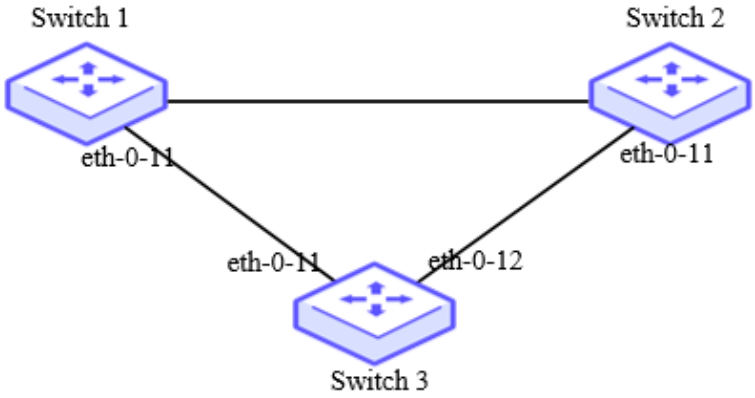
表 4-46 配置虚拟 IP/IPv6 地址

命令	操作	说明
ip virtual-router address *ip-address*	配置虚拟 IP 地址	ip-address:虚拟 IP 地址
no ip virtual-router address	使用 **no** 命令配置为默认值	-
ipv6 virtual-router address ipv6-address	配置虚拟 IPv6 地址	ipv6-address:虚拟 IPv6 地址
no ipv6 virtual-router address	使用 **no** 命令配置为默认值	-

4.10.3 VARP 典型配置举例

4.10.3.1 拓扑

图 4-19 VARP配置拓扑图



4.10.3.2 配置方法

下面以 Switch 1 和 Switch 2 的配置为例。

Switch 1:

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1(config)# ip virtual-router mac a.a.a	配置虚拟 MAC 地址
Switch1(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch1(config-vlan)# vlan 2	创建 VLAN 2
Switch1(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch1(config)# interface eth-0-11	进入 eth-0-11 的接口配置模式
Switch1(config-if)# switchport access vlan 2	将接口加入 VLAN 2
Switch1(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch1(config-if)# interface vlan 2	进入 VLAN 2 的接口配置模式
Switch1(config-if)# ip address 10.10.10.1/24	配置 IP 地址
Switch1(config-if)# ip virtual-router address 10.10.10.254	配置虚拟 IP 地址
Switch1(config-if)# ipv6 address 2010::1/64	配置 IPv6 地址
Switch1(config-if)# ipv6 virtual-router address 2010::254/64	配置虚拟 IPv6 地址
Switch1(config-if)# end	退出接口配置模式

Switch 2:

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2(config)# ip virtual-router mac a.a.a	配置虚拟 MAC 地址
Switch2(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch2(config-vlan)# vlan 2	创建 VLAN 2
Switch2(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch2(config)# interface eth-0-11	进入 eth-0-11 的接口配置模式
Switch2(config-if)# switchport access vlan 2	将接口加入 VLAN 2
Switch2(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch2(config-if)# interface vlan 2	进入 VLAN 2 的接口配置模式
Switch2(config-if)# ip address 10.10.10.2/24	配置 IP 地址
Switch2(config-if)# ip virtual-router address 10.10.10.254	配置虚拟 IP 地址
Switch2(config-if)# ipv6 address 2010::2/64	配置 IPv6 地址
Switch2(config-if)# ipv6 virtual-router address 2010::254/64	配置虚拟 IPv6 地址
Switch2(config-if)# end	退出接口配置模式

4.10.3.3 命令验证

命令	操作	说明
show ip arp	显示所有的 ARP 表项信息	-
show ipv6 neighbors	显示所有的 ND 表项信息	-

查看虚拟 ARP 表项信息：

```
Switch1# show ip arp
 Protocol   Address       Age (min)  Hardware Addr   Interface
 Internet   10.10.10.1         -   cef0.12da.8100  vlan2
```

```
Internet  10.10.10.254        -  000a.000a.000a  vlan2
Switch2#  show ip arp
Protocol  Address       Age (min)  Hardware Addr   Interface
Internet  10.10.10.2          -  66d1.4c26.e100  vlan2
Internet  10.10.10.254        -  000a.000a.000a  vlan2
Switch1# show ipv6  neighbors
VRFID   IPv6 address                 Age     Link-Layer Addr State Interface
0       2010::2                      22      00bc0.02a1.a105  REACH vlan2
```

5 安全配置指导

5.1 端口安全配置

5.1.1 简介

端口安全功能可以用来限制一个特定接口上的可靠 MAC 地址的数量。该接口将只向前转发源 MAC 地址，匹配这些安全地址的数据包。MAC 地址可以通过手动创建或自动学习的方式获取。MAC 地址的数量达到安全 MAC 地址数量的限制后，新的 MAC 地址在接口上不能学到。如果接口又接收到新的数据包，且数据包源 MAC 地址与任何安全地址都不相同，则视为违反端口安全。

端口安全将 MAC 地址绑定到端口，如果源 MAC 地址不是这个 MAC 地址表中的该端口的 MAC 地址，从端口进入后则不会被转发。如果安全 MAC 地址在接口上已学习到，但该 MAC 地址又试图从别的接口学习或配置到其它的接口中，这也被认为是违反端口安全。

5.1.2 安全 MAC 地址

支持三种类型的安全 MAC 地址：

- 静态安全 MAC 地址：手动配置的 MAC 地址，该配置会存储在交换机 MAC 地址表中，并添加至运行的配置文件中。保存配置后，交换机重启后配置的 MAC 地址不会丢失。
- 动态安全 MAC 地址：动态学习 MAC 地址，该配置只存储于交换机 MAC 地址表中，且在交换机重启后会自动清除学习到的 MAC 地址。

- 粘滞安全 MAC 地址：将动态学习到的 MAC 地址变成“粘滞状态”，形成静态地址表项。该配置存储于运行的配置文件中。

5.1.3 违反端口安全的处理

如果违反端口安全，需要转发的数据包将被丢弃。违反 MAC 安全采取的措施有三种：

- 保护（protect）：当 MAC 地址的数量达到安全 MAC 地址数量的限制时，丢弃带有未知源地址报文。
- 限制（restrict）：当 MAC 地址的数量达到安全 MAC 地址数量的限制时，丢弃带有未知源地址报文，且记录到日志中。
- 错误禁用（errdisable）：接口立即变为 errdisable 状态，丢弃报文并记录到日志中。

说明

如果安全端口处于 errdisable 状态，可以手动输入 **shutdown** 命令，再运行 **no shutdown** 命令即可恢复接口的状态。

5.1.4 配置端口安全功能

5.1.4.1 启用/关闭端口安全

表 5-1 启用端口安全

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config-if)# switchport port-security	启用端口安全	缺省情况下，端口安全处于关闭状态

表 5-2 关闭端口安全

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport port-security	关闭端口安全	缺省情况下，端口安全处于关闭状态；当关闭端口安全功能时，所有动态学习的安全 MAC 地址将被清除。静态的 MAC 地址不会被清除，但将被配置为无效

5.1.4.2 配置端口允许的安全 MAC 地址最大值

如果端口上的安全 MAC 地址达到最大值，不会在端口上学到更多的 MAC 地址。为了保证端口的动态学习 MAC 地址安全，配置允许端口上的安全 MAC 地址的最大值为 0，这样端口就不会学习 MAC 地址，只允许配置静态安全 MAC 地址。

表 5-3 配置举例

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface	进入接口配置模式	-

命令举例	操作	说明
eth-0-1		
Switch(config-if)# switchport port-security maximum 1024	配置端口上允许的安全 MAC 地址的最大值为 1024	端口上允许的安全 MAC 地址的最大值，取值范围为 0~16384；默认值为 1

5.1.4.3 配置静态安全地址表项

下表描述了配置静态安全 MAC 地址的方法。由于接口的 up/down，通过动态学习的 MAC 地址构成的安全地址表项会被清除。手工配置比较繁琐，此时使用 sticky 功能可以将动态学习的 MAC 地址“粘滞”，成为静态地址表项。

表 5-4 手动添加静态安全 MAC 地址

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport port-security mac-address 0.0.1 vlan 1	手动添加静态安全 MAC 地址	MAC 地址所关联的 VLAN ID，取值范围为 1~4094

表 5-5 使用 sticky 功能添加静态安全 MAC 地址

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport port-security	启用端口安全	缺省情况下，端口安全处于关闭状态
Switch(config-if)# switchport port-security mac-address sticky	当端口学习到安全 MAC 地址时，自动转变为静态 MAC 地址	缺省情况下，此功能处于关闭状态。使用该命令前，应先在端口上启用端口安全功能
Switch(config-if)# switchport port-security sticky mac-address 1.0.0.1 vlan 1	使用 sticky 功能添加静态安全 MAC 地址	使用该命令前，先在端口上启用 **port-security sticky** 功能

5.1.4.4 配置违反端口安全的处理动作

违反端口安全时，一般有三种处理动作：protect、restrict 和 errdisable。具体的解释可参考 5.1.3。下表以 protect 为例。

表 5-6 配置违反端口安全的处理动作

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# switchport	启用端口安全	缺省情况下，端口安全处

命令举例	操作	说明
port-security		于关闭状态
Switch(config-if)# switch port-security violation protect	配置违反端口安全时，采取 protect 措施	缺省情况下，违反端口安全的处理动作为 protect。使用该命令前，先在端口上启用端口安全

5.1.4.5 显示与维护

表 5-7 显示与维护

命令	操作	说明
show port-security address-table [**dynamic** | **static**] [**address** *mac-address* | **interface** *if-name* | **vlan** *vlan-id*]	显示安全 MAC 地址条目	mac-address: 显示特定 MAC 地址的条目； vlan-id: VLAN ID，取值范围为 1~4094
show port-security current mac-num interface *if-name*	显示端口上现有的安全 MAC 地址条数	-
show port-security [**interface** *if-name*]	显示全部或特定端口上的端口安全信息	-
show port-security maximum mac-num interface *if-name*	显示端口上允许配置的安全 MAC 地址的最大值	-

命令	操作	说明
clear port-security address-table static [**address** *mac-address* | **interface** *if-name* | **vlan** *vlan-id*]	清除静态的安全 MAC 地址	mac-address：显示特定 MAC 地址的条目； vlan-id: VLAN ID，取值范围为 1~4094

5.1.5 配置举例

5.1.5.1 配置方法

按下列步骤配置端口安全：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport	设置端口为二层端口
Switch(config-if)# switchport port-security	启用端口安全功能
Switch(config-if)# switchport port-security maximum 3	配置端口上允许的安全 MAC 地址的最大值
Switch(config-if)# switchport port-security mac-address 0000.1111.2222 vlan 1	绑定 MAC 地址到接口
Switch(config-if)# switchport port-security mac-address 0000.aaaa.bbbb vlan 1	绑定 MAC 地址到接口
Switch(config-if)# switchport port-security	设置端口的限制模式

命令举例	操作步骤
violation restrict	
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式

5.1.5.2 查看端口安全信息

根据上述的配置步骤，查看端口安全信息：

```
Switch# show port-security

    Secure Port  MaxSecureAddr  CurrentAddr  SecurityViolationMode
              (Count)      (Count)
    ------------------------------------------------------------
     eth-0-1        3          2      restrict
    Switch# show port-security address-table
           Secure MAC address table
    ------------------------------------------------------------
    Vlan    Mac Address      Type            Ports
    ----    -----------      -------         -------
    1     0000.1111.2222   SecureConfigured    eth-0-1
    1     0000.aaaa.bbbb   SecureConfigured    eth-0-1

Switch# show port-security interface eth-0-1

    Port security                  : enabled
    Violation mode                      : discard packet and log
    Maximum MAC addresses          : 3
    Total MAC addresses            : 2
    Static configured MAC addresses  : 2
```

5.2 Time Range 配置

5.2.1 简介

时间段（Time Range）限定了一个时间范围。这个范围是用于确保某业务在规定时间范围内的有效性。这个时间范围可以分为两种不同的类型：绝对时间范围与周期性时间范围。绝对时间范围即指定某个时间段内的有效范围。周期时间范围即一个周期内某个时间段循环生效的时间范围，以某一天或者一周中的某几天为周期进行。

Time Range 本身没有意义，通常被用在基于时间的协议或者应用中，例如 ACL。在实际应用中，它可以表示在这段时间内某些规则或操作有效。Time Range 定义的时间依赖于系统时钟。

5.2.2 配置时间段

5.2.2.1 创建/删除时间段

表 5-8 创建/删除时间段

命令	操作	说明
time-range *time-range-name*	创建一个时间段，并进入时间段配置模式	time-range-name：定义的名字不超过 40 个字符
no time-range	删除配置的时间段	-

5.2.2.2 创建绝对时间段

表 5-9 创建绝对时间段

命令	操作	说明
absolute start *HH:MM:SS MONTH DAY YEAR* **end** *HH:MM:SS MONTH DAY YEAR*	创建一个绝对时间段	HH:MM:SS：小时:分钟:秒； MONTH：月份，如 jan、feb 等； DAY：日期，取值范围为 1~31； YEAR：年份，取值范围为 2000~2037

5.2.2.3 创建周期时间段

表 5-10 创建周期时间段

命令	操作	说明
periodic *HH:MM WEEKDAY* **to** *HH:MM WEEKDAY* **periodic** *HH:MM* { **weekdays** | **weekend** | **daily** } **to** *HH:MM*	创建一个周期时间段	HH:MM：小时:分钟； WEEKDAY：定义一周的周一至周五

5.2.2.4 显示与维护

表 5-11 显示与维护

命令	操作	说明
show time-range [*time-range-name*]	查看时间访问控制列表	如果 ACL 没有在端口上被引用，则不会生效

说明

时间范围的格式均采取 24 小时制。

5.2.3 配置举例

5.2.3.1 配置绝对时间段

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# time-range test-absolute	创建一个名为 test-absolute 的时间范围，进入时间段配置模式
Switch(config-tm-range)# absolute start 01:01:02 jan 01 2012 end 01:01:03 jan 07 2012	定义开始时刻为 2012 年 1 月 1 日 1 时 1 分 2 秒，结束时刻为 2012 年 1 月 7 日 1 时 1 分 3 秒的时间段
Switch(config-tm-range)# end	退出时间段配置模式

5.2.3.2 配置周期时间段

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# time-range test-periodic	创建一个名为 test-periodic 的时间范围，进入时间段配置模式
Switch(config-tm-range)# periodic 01:01 mon to 01:01 wed	定义开始时间为周一的 1 时 1 分，结束时间为周三的 1 时 1 分的时间段
Switch(config-tm-range)# end	退出时间段配置模式

5.2.3.3 查看配置结果

显示 Time Range 的配置信息：

```
Switch# show time-range
    time-range test-absolute
      absolute start 01:01:02 Jan 01 2012 end 01:01:03 Jan 07 2012
    time-range test-periodic
      periodic 01:01 Mon to 01:01 Wed
```

5.3 ACL 配置

5.3.1 简介

ACL（Access Control List，访问控制列表）主要用来实现流识别、访问控制功能。网络设备为了过滤数据包，需要配置一系列的匹配规则，以识别需要过滤的报文。在识别出特定的报

文之后，才能根据预先设定的策略允许或禁止相应的数据包通过。ACL 通过一系列的匹配条件对数据包进行分类，这些条件可以是数据包的源地址、目的地址、端口号等。

5.3.2 术语解释

下面简要介绍用于描述 ACL 相关的术语和概念。

访问控制条目（ACE）：每一个 ACE 包括一个动作元素（允许或者拒绝）和一个基于标准过滤元素，例如源地址、目的地址、协议、特定协议参数等。

MAC ACL：MAC ACL 可以根据 MAC-SA 和 MAC-DA 过滤报文，MAC 地址可以配置掩码，或者配置为主机 MAC 地址。MAC ACL 也可以根据其他二层字段过滤报文，例如 COS、VLAN-ID、INNER-COS、INNER-VLAN-ID、L2 type、L3 type。

IPv4 ACL：IPv4 ACL 可以根据 IP-SA 和 IP-DA 过滤报文，IP 地址可以配置掩码或者配置为主机 IP 地址。IPv4 ACL 也可以根据其他三层字段过滤报文，例如 DSCP、L4 Protocol 字段以及其他字段（TCP 端口、UDP 端口等）。

时间段：定义一个时间周期，在这个时间段内，ACE 是有效的。

5.3.3 配置 MAC ACL

下面介绍了 MAC ACL 配置模式及相关功能，用户可以根据实际情况进行配置。如果访问控制列表名称为一个已经存在的名称，则此命令表示进入 MAC 访问控制列表配置模式；如果访问控制列表名称为新名称，则此命令表示创建此列表并进入 MAC 访问控制列表配置模式；此处创建的访问控制列表可以配合 **match access-group** 命令使用，具体见流量管理配置指导章节。

5.3.3.1 创建/删除 MAC ACL

表 5-12 创建 MAC ACL

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac access-list list_mac_1	创建一个名为 list_mac_1 的 MAC 访问控制列表，并进入 MAC ACL 配置模式	MAC 访问控制列表的名称不超过 40 个字符
Switch(config-mac-acl)# end	退出至 EXEC 模式	-

表 5-13 删除 MAC ACL

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# no mac access-list list_mac_1	删除一个名为 list_mac_1 的 MAC 访问控制列表	MAC 访问控制列表的名称不超过 40 个字符

5.3.3.2 配置允许/拒绝源 MAC 地址的报文通过

使用此命令在 MAC 访问控制列表中添加访问控制规则，此规则在 MAC 访问控制列表中的顺序用数字表示；如果没有指定此项，则系统会自动给此规则分配顺序号。它以现有的最大顺序号为基础进行递增，且有固定的增量。比如目前最大的顺序号是 100，则分配的顺序号就为 110（以 10 为增量）。如果当前存在的最大的顺序号加上 10 之后，超过可配顺序号的最大值，则添加失败。指定的 Ether type 在出方向不支持。

表 5-14 配置允许源 MAC 地址的报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac access-list	创建一个名为 list_mac_1	MAC 访问控制列表

命令举例	操作	说明
list_mac_1	的 MAC 访问控制列表，并进入 MAC ACL 配置模式	的名称不超过 40 个字符
Switch(config-mac-acl)# 1 permit src-mac host 001A.A02C.A1DF	添加一条规则：允许源 MAC 地址为 001A.A02C.A1DF 的报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071

表 5-15 配置拒绝源 MAC 地址的报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# mac access-list list_mac_1	创建一个名为 list_mac_1 的 MAC 访问控制列表并进入配置模式	MAC 访问控制列表名称不超过 40 个字符
Switch(config-mac-acl)# 1 deny src-mac host 001A.A02C.A1DF	添加一条规则：拒绝源 MAC 地址为 001A.A02C.A1DF 的报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071

5.3.3.3 查看 MAC ACL

表 5-16 查看 MAC ACL

命令	操作	说明
show access-list mac [*acl-name*]	查看 MAC 访问控制列表的内容	acl-name: MAC 访问控制列表名称

5.3.4 配置 IPv4 ACL

类似地，如果访问控制列表名称为一个已经存在的名称，则此命令表示进入 IPv4 访问控制列表配置模式；如果访问控制列表名称为新名称，则此命令表示创建此列表并进入 IPv4 访问控制列表配置模式；此处创建的访问控制列表可以配合 **match access-group** 命令使用，具体见流量管理配置指导章节。

5.3.4.1 创建/删除 IPv4 ACL

表 5-17 创建 IPv4 ACL

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1	创建一个名为 list_ipv4_1 的 IPv4 访问控制列表并进入配置模式	IPv4 访问控制列表的名称不超过 40 个字符
Switch(config-ip-acl)# end	退出至 EXEC 模式	-

表 5-18 删除 IPv4 ACL

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# no ip access-list list_ipv4_1	删除一个名为 list_ipv4_1 的 IPv4 访问控制列表	IPv4 访问控制列表的名称不超过 40 个字符

5.3.4.2 配置允许/拒绝符合规则的 IPv4 报文通过

此处创建的访问控制列表不仅可以匹配报文所使用的协议，而且可以匹配源地址和目的地址；地址掩码中，为 1 的部分是无关部分，为 0 的部分是要求严格匹配的部分；使用地址掩码可以指定某一类的 IP 地址，比如 10.10.10.0 0.0.0.255，这个表示地址从 10.10.10.0～10.10.10.255 的地址都符合要求。

如果顺序号为空，交换机会自动给此规则分配顺序号。它以现有的最大顺序号为基础进行递增，且有固定的增量。比如目前最大的顺序号是 100，则分配的顺序号就为 110（以 10 为增量）。

表 5-19 配置允许符合规则的 IPv4 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1	创建一个名为 list_ipv4_1 的 IPv4 访问控制列表，并进入 IPv4 ACL 配置模式	IPv4 访问控制列表的名称不超过 40 个字符
Switch(config-ip-acl)# 10 permit any any any	添加一条规则：允许使用任何协议的任何报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071；第一处”any”是指使用任何协议的IPv4报文;第二处”any”是指源地址可以为任何地址的主机;第三处”any”是指目的地址可以为任何地址的主机

表 5-20 配置拒绝符合规则的 IPv4 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1	创建一个名为 list_ipv4_1 的 IPv4 访问控制列表，并进入 IPv4 ACL 配置模式	IPv4 访问控制列表的名称不超过 40 个字符
Switch(config-ip-acl)# 1 deny any any any	添加一条规则：拒绝使用任何协议的任何报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071；第一处”any”是指使用任何协议的IPv4报文;第二处”any”是指源地址可以为任何地址的主机;第三处”any”是指目的地址可以为任何地址的主机

5.3.4.3 查看 IPv4 ACL

表 5-21 查看 IPv4 ACL

命令	操作	说明
show access-list ip [*acl-name*]	查看 IPv4 访问控制列表的内容	acl-name: IPv4 访问控制列表名称

5.3.5 配置举例

5.3.5.1 介绍

在端口 eth-0-1 上应用入方向的 MAC ACL，允许源 MAC 地址为 0000.0000.1111 的报文通过，

拒绝其他报文通过。在 eth-0-2 上应用入方向的 IPv4 ACL，允许源 IP 地址为 1.1.1.1/24 的报文通过，拒绝其他报文通过。

5.3.5.2 配置方法

ACL 配置细则如下表所示：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# mac access-list mac	创建并进入 MAC ACL 配置模式
Switch(config-mac-acl)# permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any	添加一条规则：设置允许源 MAC 地址为 0000.0000.1111 报文通过
Switch(config-mac-acl)# deny src-mac any dest-mac any	添加一条规则：设置拒绝任何 MAC 报文通过
Switch(config-mac-acl)# exit	退出 MAC ACL 配置模式
Switch(config)# ip access-list ipv4	创建并进入 IPv4 ACL 配置模式
Switch(config-ip-acl)# permit any 1.1.1.1 0.0.0.255 any	添加一条规则：设置允许源 IP 地址为 1.1.1.1 0.0.0.255 报文通过
Switch(config-ip-acl)# deny any any any	添加一条规则：设置拒绝任何报文通过
Switch(config-ip-acl)# exit	退出 IPv4 ACL 配置模式

接口配置细则如下表所示：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# class-map cmap1	创建分类映射表 cmap1, 并且进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group mac	将 MAC ACL 加入 cmap1
Switch(config-cmap)# exit	退出分类映射表配置模式
Switch(config)# policy-map pmap1	创建策略表 pmap1, 并且进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class cmap1	将流分类映射表 cmap1 加入策略映射表 pmap1, 并且进入策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap-c)# exit	退出策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap)# exit	退出策略表配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入应用此 ACL 的接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy input pmap1	将策略表 pmap1 应用到接口（该接口应用 MAC ACL）
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# class-map cmap2	创建分类映射表 cmap2, 并且进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group ipv4	将 IPv4 ACL 加入 cmap2

命令举例	操作步骤
Switch(config-cmap)# exit	退出分类映射表配置模式
Switch(config)# policy-map pmap2	创建策略表 pmap2, 并且进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class cmap2	将流分类映射表 cmap2 加入策略映射表 pmap2, 并且进入策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap-c)# exit	退出策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap)# exit	退出策略表配置模式
Switch(config-if)# interface eth-0-2	进入应用此 ACL 的接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy input pmap2	将策略表 pmap2 应用到接口(该接口应用 IPv4 ACL)

5.3.5.3 命令验证

检查上述配置的结果:

```
Switch# show running-config

    mac access-list mac
     10 permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any
     20 deny src-mac any dest-mac any
    !
    ip access-list ipv4
     10 permit any 1.1.1.0 0.0.0.255 any
```

```
 20 deny any any any
!
class-map match-any cmap1
 match access-group mac
!
class-map match-any cmap2
 match access-group ipv4
!
policy-map pmap1
 class cmap1
!
policy-map pmap2
 class cmap2
!
interface eth-0-1
 service-policy input pmap1
!
interface eth-0-2
 service-policy input pmap2
!
```

5.4 拓展 ACL 配置

5.4.1 简介

ACL 配置可以实现流量过滤，但标准 ACL 的功能十分有限。标准 ACL 在网络层将源 IP 地址的

所有流量过滤，无法过滤部分流量。而且只能对数据包的源 IP 地址进行过滤，配置时需要尽可能接近目的地址的接口，但一般来说只有管理员有此操作权限。

扩展 ACL 能解决以上问题，可以在传输层和网络层进行配置，即可以对某种协议进行过滤。而且它能对目的地址进行过滤，降低网络负担；拓展 ACL 也能更加靠近源 IP 地址进行配置，方便管理员更好地规划 ACL 策略。

5.4.2 术语解释

下面介绍了扩展 ACL 有关的术语和概念。

扩展 IPV4 ACL：包含 MAC ACE 和 IP ACE，MAC ACE 匹配所有非 IPv6 和非 MPLS 报文，IP ACE 匹配所有 IPv4 报文。

MAC ACE：可以根据 MAC-SA 和 MAC-DA 过滤报文，MAC 地址可以配置掩码，或者配置为主机 MAC；也可以根据其他二层字段过滤报文，例如 COS、VLAN-ID、INNER-COS、INNER-VLAN-ID、L2 type、L3 type。

IPv4 ACE：可以根据 IP-SA 和 IP-DA 过滤报文，IP 地址可以配置掩码或者配置为主机 IP 地址；也可以根据其他三层字段过滤报文，例如 DSCP、L4 Protocol 字段以及其他字段（TCP 端口、UDP 端口等等）。

用户可以通过 MAC ACE 和 IP ACE 各种组合、以及不同的顺序实现不同的需求。

5.4.3 配置拓展 IPv4 ACL

类似地，如果访问控制列表名称为一个已经存在的名称，则此命令表示进入扩展 IPv4 访问控制列表配置模式；如果访问控制列表名称为新名称，则此命令表示创建此列表并进入扩展 IPv4 访问控制列表配置模式。此处创建的访问控制列表可以配合 **match access-group** 命令使用，具体见流量管理配置指导章节。

5.4.3.1 创建/删除拓展 IPv4 ACL

表 5-22 创建拓展 IPv4 ACL

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1 extend	创建一个名为 list_ipv4_1 的扩展 IPv4 访问控制列表，并进入拓展 IPv4 ACL 配置模式
Switch(config-ex-ip-acl)# end	退出至 EXEC 模式

表 5-23 删除拓展 IPv4 ACL

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# no ip access-list list_ipv4_1 extend	删除名称为 list_ipv4_1 的扩展 IPv4 访问控制列表

5.4.3.2 配置允许/拒绝符合规则的 IPv4 报文通过

表 5-24 配置允许符合规则的 IPv4 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1 extend	创建一个名为 list_ipv4_1 的扩展 IPv4 访问控制列表，并进入拓展 IPv4 ACL 配置模式	-
Switch(config-ex-ip-acl)# 10	添加一条规则：允许使用任何	顺序号的取值范围为

命令举例	操作	说明
permit any any any	协议的任何报文通过	1～131071；第一处”any”是指使用任何协议的 IPv4 报文；第二处”any”是指源地址可以为任何地址的主机；第三处”any”是指目的地址可以为任何地址的主机

表 5-25 配置拒绝符合规则的 IPv4 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1 extend	创建一个名为 list_ipv4_1 的扩展 IPv4 访问控制列表，并进入拓展 IPv4 ACL 配置模式	-
Switch(config-ex-ip-acl)# 1 deny any any any	添加一条规则：拒绝使用任何协议的任何报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071；第一处”any”是指使用任何协议的 IPv4 报文；第二处”any”是指源地址可以为任何地址的主机；第三处”any”是指目的地址可以为任何地址的主机

5.4.3.3 配置允许/拒绝符合规则的 TCP 报文通过

表 5-26 配置允许符合规则的 TCP 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1 extend	创建一个名为 list_ipv4_1 的扩展 IPv4 访问控制列表，并进入拓展 IPv4 ACL 配置模式	-
Switch(config-ex-ip-acl)# 10 permit tcp any any	添加一条规则：允许任何 TCP 报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071

表 5-27 配置拒绝符合规则的 TCP 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip access-list list_ipv4_1 extend	创建一个名为 list_ipv4_1 的扩展 IPv4 访问控制列表，并进入拓展 IPv4 ACL 配置模式	-
Switch(config-ex-ip-acl)# 1 deny tcp any any	添加一条规则：拒绝任何 TCP 报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071

5.4.3.4 查看拓展 IPv4 ACL

表 5-28 查看拓展 IPv4 ACL

命令	操作	说明
show access-list ip [*acl-name* **extend**]	查看拓展 IPv4 访问控制列表的信息	acl-name: 拓展 IPv4 访问控制列表名称

5.4.4 配置举例

5.4.4.1 介绍

通过扩展 IPv4 ACL，在端口 eth-0-1 上配置允许源 MAC 地址为 0.0.1111、COS 为 2 的报文通过，允许所有 TCP 的报文通过，禁止其他报文进入系统。

5.4.4.2 配置方法

拓展 ACL 配置细则：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list ipxacl extend	定义一个名称为 ipxacl 的扩展 IPv4 ACL
Switch(config-ex-ip-acl)# permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any cos 2	添加一条允许源 MAC 地址为 0.0.1111、COS 为 2 报文的 ACE
Switch(config-ex-ip-acl)# permit tcp any any	添加一条允许 TCP 报文的 ACE
Switch(config-ex-ip-acl)# deny src-mac any dest-mac any	添加一条拒绝所有报文的 ACE
Switch(config-ex-ip-acl)# end	退出至特权模式

接口配置细则：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# class-map cmap	创建分类映射表 cmap, 并且进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group ipxacl	将 ipxacl ACL 加入 cmap
Switch(config-cmap)# exit	退出分类映射表配置模式
Switch(config)# policy-map pmap	创建策略表 pmap, 并且进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class cmap	将流分类映射表 cmap 加入策略映射表 pmap, 并且进入策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap-c)# exit	退出策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap)# exit	退出策略表配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入应用此 ACL 的接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy input pmap	将策略表 pmap 应用到接口（该接口应用 IPv4 ACL）
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

5.4.4.3 命令验证

查看上述的配置结果：

```
Switch# show running-config
    ip access-list ipxacl extend
     10 permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any cos 2
     20 permit tcp any any
     30 deny src-mac any dest-mac any
    !
    class-map match-any cmap
     match access-group ipxacl
    !
    policy-map pmap
     class cmap
    !
    interface eth-0-1
     service-policy input pmap
    !
    Switch# show access-list ip
    ip access-list ipxacl extend
     10 permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any cos 2
     20 permit tcp any any
     30 deny src-mac any dest-mac any
```

5.5 ACLv6 配置

5.5.1 简介

ACL 通过一系列的匹配条件对数据包进行分类，这些条件可以是数据包的源地址、目的地址、

端口号等。ACLv6 支持 IPv6 协议，主要用来实现 IPv6 流识别、访问控制功能。网络设备为了过滤数据包，需要配置一系列的匹配规则，以识别需要过滤的报文。在识别出特定的报文之后，才能根据预先设定的策略允许或禁止相应的数据包通过。

5.5.2 术语解释

下面简要介绍用于描述 ACLv6 相关的术语和概念。

访问控制条目（ACE）：每一个 ACE 包括一个动作元素（允许或者拒绝）和一个基于标准过滤元素，例如源地址、目的地址、协议、特定协议参数等。

IPv6 ACL：IPv6 ACL 可以使用报文的源 IPv6 地址、目的 IPv6 地址过滤报文，支持特定协议的过滤，例如 ICMPv6 协议的类型，以及其他协议（TCP 端口、UDP 端口等）

时间段：定义一个时间周期，在这个时间段内，ACE 是有效的。

说明

在全局启用 IPv6 后，IPv6 报文将不被 MAC ACL 所影响。

5.5.3 配置 IPv6 ACL

如果访问控制列表名称为一个已经存在的名称，则此命令表示进入 IPv6 访问控制列表配置模式；如果访问控制列表名称为新名称，则此命令表示创建此列表并进入 IPv6 访问控制列表配置模式。此处创建的访问控制列表可以配合 **match access-group** 命令使用，具体见流量管理配置指导章节。

5.5.3.1 创建/删除 IPv6 ACL

表 5-29 创建 IPv6 ACL

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 access-list list_ipv6_1	创建一个名为 list_ipv6_1 的 IPv6 访问控制列表，并进入 IPv6 ACL 配置模式
Switch(config-ipv6-acl)# end	退出至 EXEC 模式

表 5-30 删除 IPv6 ACL

命令举例	操作
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# no ipv6 access-list list_ipv6_1	删除一个名为 list_ipv6_1 的 IPv6 访问控制列表

5.5.3.2 配置允许/拒绝符合规则的 IPv6 报文通过

表 5-31 配置允许符合规则的 IPv6 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 access-list list_ipv6_1	创建一个名为 list_ipv6_1 的 IPv6 访问控制列表，并进入 IPv6 ACL 配置模式	-
Switch(config-ipv6-acl)# 1 permit any any any	添加一条规则：允许使用任何协议的任何报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071；第一处”any”是指使用任何协议的 IPv6 报文；第二处”any”是指源地

命令举例	操作	说明
		址可以为任何地址的主机；第三处”any”是指目的地址可以为任何地址的主机

表 5-32 配置拒绝符合规则的 IPv6 报文通过

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 access-list list_ipv6_1	创建一个名为 list_ipv6_1 的 IPv6 访问控制列表，并进入 IPv6 ACL 配置模式	-
Switch(config-ipv6-acl)# 1 deny any any any	添加一条规则：拒绝使用任何协议的任何报文通过	顺序号的取值范围为 1～131071；第一处”any”是指使用任何协议的 IPv6 报文；第二处”any”是指源地址可以为任何地址的主机；第三处”any”是指目的地址可以为任何地址的主机

5.5.3.3 查看 IPv6 ACL

表 5-33 查看 IPv6 ACL

命令	操作	说明
show access-list ipv6 [*acl-name*]	查看 IPv6 访问控制列表的内容	acl-name: IPv6 访问控制列表名称

5.5.4 配置举例

5.5.4.1 介绍

在端口 eth-0-1 上使用 MAC ACL，允许源 MAC 地址为 0000.0000.1111 的非 IPv6 报文通过，拒绝其他非 IPv6 报文通过。在 eth-0-2 使用 IPv6 ACL，允许源 IP 地址为 2001::/64 的报文通过，拒绝其他报文通过。

5.5.4.2 配置方法

ACLv6 配置细则：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch# ipv6 enable	全局启用 IPv6 功能
Switch(config)# mac access-list mac	创建并进入 MAC ACL 配置模式
Switch(config-mac-acl)# permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any	添加一条规则：配置允许目的 MAC 地址为 0000.0000.1111 帧通过
Switch(config-mac-acl)# deny src-mac any dest-mac any	添加一条规则：配置拒绝任何 MAC 帧通过
Switch(config-mac-acl)# exit	退出 MAC ACL 配置模式
Switch(config)# ipv6 access-list ipv6	创建并进入 IPv6 ACL 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-ipv6-acl)# permit any 2001::/64 any	添加一条规则：设置允许源 IPv6 地址为 2001::/64 帧通过
Switch(config-ipv6-acl)# deny any any any	添加一条规则：设置拒绝任何帧通过
Switch(config-ipv6-acl)# exit	退出 IPv6 ACL 配置模式

接口配置细则：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# class-map cmap1	创建分类映射表 cmap1, 并且进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group mac	将 MAC ACL 加入 cmap1
Switch(config-cmap)# exit	退出分类映射表配置模式
Switch(config)# policy-map pmap1	创建策略表 pmap1, 并且进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class cmap1	将流分类映射表 cmap1 加入策略映射表 pmap1, 并且进入策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap-c)# exit	退出策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap)# exit	退出策略表配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-1	进入应用此 ACL 的接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy input pmap1	将策略表 pmap1 应用到接口（该接口应用 MAC ACL）
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# class-map cmap2	创建分类映射表 cmap2, 并且进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group ipv6	将 IPv6 ACL 加入 cmap2
Switch(config-cmap)# exit	退出分类映射表配置模式
Switch(config)# policy-map pmap2	创建策略表 pmap2, 并且进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class cmap2	将流分类映射表 cmap2 加入策略映射表 pmap2, 并且进入策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap-c)# exit	退出策略表中的分类映射表配置模式
Switch(config-pmap)# exit	退出策略表配置模式
Switch(config-if)# interface eth-0-2	进入应用此 ACL 的接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy input pmap2	将策略表 pmap2 应用到接口（该接口应用的 IPv6 ACL）

5.5.4.3 命令验证

查看上述的配置结果：

```
Switch# show running-config
  mac access-list mac
   10 permit src-mac host 0000.0000.1111 dest-mac any
   20 deny src-mac any dest-mac any
  !
  ipv6 access-list ipv6
   10 permit any 2001::/64 any
   20 deny any any any
  !
  class-map match-any cmap1
   match access-group mac
  !
  class-map match-any cmap2
   match access-group ipv4
  !
  policy-map pmap1
   class cmap1
  !
  policy-map pmap2
   class cmap2
  !
  interface eth-0-1
   service-policy input pmap1
```

```
!
interface eth-0-2
 service-policy input pmap2
!
```

5.6 ARP Inspection 配置

5.6.1 简介

缺省情况下，所有的ARP 报文都将按照规则通过交换机。用户可以通过启用 ARP Inspection 功能监控 ARP 报文；该功能可以通过对 ARP 报文的有效性检查来过滤无效的 ARP 报文，也可以通过设置规则，让特定 ARP 报文通过，或者丢弃特定的 ARP 报文，以提高系统的安全性，并在一定程度上抑制 ARP 报文攻击。

ARP 检测可以在网络中验证 ARP 报文的安全特性，还能检查日志、丢弃无效 IP 与 MAC 捆绑的 ARP 报文。这些功能可以保护网络免受人为攻击。ARP 检测确保只执行有效的 ARP 请求和响应，交换机执行的行为包括：在不信任端口上拦截所有 ARP 请求和响应。

在更新本地 ARP 缓存或者转发到特定目的地址的报文之前，需要验证每个检测的报文是否有效。如果无效，需要丢弃无效的 ARP 报文。ARP 检测是根据现存的 DHCP Snooping 数据库中有效 IP 对应 MAC 地址的条目，判断一个 ARP 报文的有效性。交换机在信任端口转发报文不需要任何检查，而在不信任端口时，交换机只在有效情况下实现转发。

5.6.2 术语解释

下面简要介绍用于描述 ARP Inspection 相关的术语和概念。

DHCP Snooping: DHCP Snooping 是一个在不可信主机和可信 DHCP 服务器之间执行防火墙功能的安全特性，这个特性建立和维护 DHCP Snooping 数据库，这个数据库包含租用 IP 地址的不信任主机信息。

Address Resolution Protocol (ARP): ARP 通过映射 IP 地址和 MAC 地址，提供在二层广播域的 IP 通信。例如主机 B 想要发送信息到主机 A 上，但是没有主机 A 的 MAC 地址，主机 B 在广播域内产生一个广播报文对所有主机获取主机 A 的 MAC 地址。在广播域内的所有主机接收 ARP 请求，主机 A 返回它的 MAC 地址。

5.6.3 配置 ARP 检测

5.6.3.1 配置可信任端口

如果设置端口为可信端口，则启用ARP Inspection 以后，交换机不会验证通过此端口的ARP 报文。

表 5-34 配置可信任端口

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# ip arp inspection trust	配置 eth-0-1 为可信任端口	缺省情况下，端口为不可信任端口

5.6.3.2 配置指定 VLAN 上启用 ARP 检测

配置该命令前，需要创建 VLAN 以及添加接口至 VLAN。详情请见配置举例。

表 5-35 配置指定 VLAN 上启用 ARP 检测

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip arp inspection vlan 2	在 VLAN 2 上启用 ARP 检测功能	VLAN 范围，例如: 1,3-5,7,9-11

5.6.3.3 配置过滤 ARP 检测的日志信息

配置该命令对 ARP 检测的日志进行过滤，有 matchlog 和 none 两种方式。matchlog 表示将匹配的信息记录日志文件，none 表示将不匹配的信息记录日志文件。

表 5-36 配置过滤 ARP 检测的日志信息

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip arp inspection vlan 2 logging acl-match matchlog	配置过滤 ARP 检测的日志信息，将匹配的信息记录日志文件	VLAN 范围，例如: 1,3-5,7,9-11

5.6.3.4 配置验证 ARP 报文中的指定字段

表 5-37 配置验证 ARP 报文中的指定字段

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip arp inspection validate dst-	配置验证 ARP 报文的目的 MAC 地址	缺省情况下，ARP Inspection 不验证

命令举例	操作	说明
mac		ARP 报文的任何字段

说明

src-mac：检查以太网报头中的源 MAC，检查 ARP 请求和响应。一旦启用，如果发现不匹配的源 MAC 将被丢弃。

dst-mac：检查以太网报头中的目的 MAC，检查 ARP 请求和响应。一旦启用，如果发现不匹配的目的 mac 将被丢弃。

ip：检查以太网报文中的目的 IP 字段是否合法。

5.6.4 配置 ARP ACL

5.6.4.1 创建 ARP ACL

表 5-38 创建 ARP ACL

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# arp access-list acl1	创建一个 ARP 访问控制列表，并进入 ARP ACL 配置模式	ACL 名称不超过 40 个字符；在非 DHCP 环境中，动态 ARP 检测可以通过设置访问控制列表来验证 ARP 报文

5.6.4.2 配置 ARP ACE

表 5-39 配置 ARP ACE

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# arp access-list acl1	创建一个 ARP 访问控制列表，并进入 ARP ACL 配置模式	ACL 名称不超过 40 个字符；在非 DHCP 环境中，动态 ARP 检测可以通过设置访问控制列表来验证 ARP 报文
Switch(config-arp-acl)# permit ip host 192.168.1.1 mac any	添加一个条目：允许来自 192.168.1.1 ARP 请求的 ACE	-

5.6.4.3 配置指定 VLAN 添加 ARP ACL

配置该命令前，需要创建 VLAN 以及添加接口至 VLAN。详情请见配置举例。

表 5-40 配置指定 VLAN 添加 ARP ACL

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip arp inspection filter acl vlan 2	在 VLAN2 上引用 ARP 访问控制列表	缺省情况下，VLAN 上不指定任何的 ARP 访

命令举例	操作	说明
static		问控制列表

5.6.5 配置举例

5.6.5.1 配置步骤

i. 创建VLAN

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	配置 VLAN 数据库
Switch(config-vlan)# vlan 2	创建 VLAN 2
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

ii. 添加接口到VLAN

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式，开始配置端口 eth-0-1
Switch(config-if)# switchport access vlan 2	添加端口到 VLAN2
Switch(config-if)# interface eth-0-2	开始配置端口 eth-0-2
Switch(config-if)# switchport access vlan	添加端口到 VLAN2

命令举例	操作步骤
2	
Switch(config-if)# interface eth-0-3	开始配置端口 eth-0-3
Switch(config-if)# switchport access vlan 2	添加端口到 VLAN 2
Switch(config-if)# interface eth-0-4	开始配置 eth-0-4
Switch(config-if)# switchport access vlan 2	添加端口到 VLAN 2
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

iii. 配置ARP检测

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式，开始配置端口 eth-0-1
Switch(config-if)# ip arp inspection trust	配置端口为信任状态（通常把互联的交换机端口配置为可信任）
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip arp inspection vlan 2	在 VLAN2 上使能 ARP 检测
Switch(config)# ip arp inspection vlan 2 logging acl-match matchlog	配置 VLAN2 上过滤 ARP 检测的日志信息，将匹配的信息记录日志文件
Switch(config)# ip arp inspection validate src-mac ip dst-mac	在 ARP 报文中验证源 MAC 地址、IP 地址、目的 MAC 地址

iv. 添加ARP ACL

命令举例	操作步骤
Switch(config)# arp access-list test	创建名为 test 的 ARP ACL
Switch(config-arp-acl)# deny request ip host 1.1.1.1 mac any	添加一个条目：拒绝来自 1.1.1.1 ARP 请求的 ACL 条目
Switch(config-arp-acl)# exit	退出 ARP ACL 配置模式
Switch(config)# ip arp inspection filter test vlan 2	在 VLAN2 上使能 ARP ACL
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

5.6.5.2 显示与维护

命令	操作	说明
show ip arp inspection	显示 ARP 检测的配置及其统计信息	-
show ip arp inspection log [*log-number*]	显示所有 ARP Inspection 日志消息	log-number: 指定消息的条目，取值范围为 1~1024

- 显示 ARP 检测的配置及其统计信息：

```
Switch# show ip arp inspection

    Source Mac Validation      : Enabled
    Destination Mac Validation  : Enabled
```

```
IP Address Validation      : Enabled
Vlan    Configuration    ACL Match    Static ACL
============================================================


2       enabled          test
Vlan    ACL Logging    DHCP Logging
============================================================


2       deny           deny
Vlan    Forwarded    Dropped    DHCP Drops    ACL Drops
============================================================


2       0            0          0           0
Vlan    DHCP Permits    ACL Permits    Source MAC Failures
============================================================


2       0            0            0
Vlan   Dest MAC Failures   IP Validation Failures   Invalid Protocol Data
============================================================


2      0              0                  0
```

- 显示所有 ARP Inspection 日志消息：

```
Switch# show ip arp inspection log

    Total Log Buffer Size : 32
    Syslog rate : 5 entries per 1 seconds.
```

```
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
1970-01-02 00:30:47 : Drop an ARP packet by ACL on vlan 2
```

5.7 DHCP Snooping 配置

5.7.1 简介

DHCP Snooping 是一种安全功能，如不受信任的主机和信任的 DHCP 服务器之间的防火墙行为，DHCP Snooping 功能执行如下：

- 验证 DHCP 消息接收来自不信任的源和过滤掉无效消息。
- 建立和维护 DHCP Snooping 绑定数据库，其中包含不信任主机租用的 IP 地址信息。
- 利用 DHCP Snooping 绑定数据库来验证来自不受信任的主机的后续请求。
- 其他的安全功能。例如，动态 ARP 监测，也可以使用 DHCP Snooping 绑定数据库中存储的信息，每个 VLAN 的基础上启用 DHCP Snooping 功能，该功能默认在所有 VLAN 上都无效。用户可以在一个单独的 VLAN 或者 VLAN 范围使能该功能，DHCP Snooping 功能可以在软件中实现，所有 DHCP 消息在芯片中被拦截直接发往 CPU 进行处理。

5.7.2 配置 DHCP Snooping 基本功能

5.7.2.1 全局启用 DHCP Snooping

表 5-41 全局启用 DHCP Snooping

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# dhcp snooping	全局启用 DHCP Snooping 功能	缺省情况下， DHCP Snooping 功能处于关闭状态

5.7.2.2 配置信任端口

配置连接 DHCP 服务器或其他交换机或路由器的接口为信任接口。配置连接 DHCP 客户端的接口为不信任接口。

表 5-42 配置信任端口

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# dhcp snooping trust	配置接口为 DHCP Snooping 信任接口	默认情况下，接口为 DHCP Snooping 不信任接口

5.7.2.3 配置 snooping vlan

配置 vlan 为被监听接口。

表 5-43 配置信任端口

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config-if)# dhcp snooping vlan vlanid	配置接口为被监听接口	Vlanid：vlan 接口号

5.7.3 配置 DHCP Snooping 支持 Option 82 功能

5.7.3.1 使能插入 DHCP Option 82 数据

用户必须在全局配置模式下使用 **dhcp snooping** 命令，有关 DHCP Snooping 的配置才会生效。当 Option82 功能使能时，交换机收到主机发送的 DHCP 请求报文，会在报文中加入 Option82 选项信息。Option82 选项信息包含交换机的 MAC 地址（远端 ID 选项），收到 DHCP 报文端口的 ID（电路 ID 选项），该端口为 VLAN 配置模式的端口。交换机转发包含 Option 82 选项的 DHCP 请求报文给 DHCP 服务器。

当 DHCP 服务器收到报文，可以使用远端 ID、电路 ID，或分配 IP 地址和执行政策，例如限制IP 地址的数目可以分配到一个单独的远端ID 或电路ID。之后DHCP 服务器回复带有Option 82 选项的 DHCP 回复报文。

如果 DHCP 请求报文由中继转发给服务器，DHCP 服务器单播 DHCP 回复报文给交换机。当 DHCP 客户端和 DHCP 服务器在同一子网时，DHCP 服务器广播 DHCP 回复报文。交换机检测远端 ID，以及可能存在的电路 ID 来检测 DHCP 报文是否原先就包含 Option 82 选项。交换机移除报文的 Option 82 选项，转发报文到发送 DHCP 请求报文主机的端口。

表 5-44 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# dhcp snooping	全局启用 DHCP Snooping 功能	缺省情况下，DHCP Snooping 功能处于关闭状态
Switch(config)# dhcp snooping information option	使能插入 DHCP Option 82 数据	缺省情况下，不插入 DHCP Option 82 数据

5.7.3.2 配置不信任端口接收含有 Option82 的 DHCP 报文

用户可能需要一个边缘交换机连接的主机，可以在边缘网络的 DHCP 报文中插入 Option 82 选项。也可能需要在一个汇聚交换机上使能 DHCP 安全特性，例如 DHCP Snooping，IP 源地址绑定或动态 ARP 检测。但是，如果在一个汇聚交换机上使能 DHCP Snooping，交换机会丢弃从不信任接口收到的含有 Option 82 选项的 DHCP 报文，无法学到连接信任接口设备的 DHCP Snooping 绑定信息。

如果需要汇聚交换机启用 DHCP Snooping 功能，并能接收从边缘交换机连接主机发来的带有 Option82 选项的 DHCP 报文，使用 **dhcp snooping information option allow-untrusted** 命令配置汇聚交换机。汇聚交换机可以学到从不信任端口收到的 DHCP 报文的绑定信息。用户也可以在汇聚交换机使能 DHCP 安全特性。边缘交换机连接到汇聚交换机的端口必须被配置为信任端口。

表 5-45 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# dhcp snooping trust	配置接口为 DHCP Snooping 信任接口	默认情况下，接口为 DHCP Snooping 不信任接口
Switch(config-if)# quit	返回至上一级配置模式	-
Switch(config)# dhcp snooping	全局启用 DHCP Snooping 功能	缺省情况下，DHCP Snooping 功能处于关闭状态
Switch(config)# dhcp snooping information option allow-untrusted	配置接入交换机接收不信任端口收到的从边缘交换机发来的含有 Option82 的 DHCP 报文	缺省情况下，交换机丢弃不信任接口接收到的含有 Option82 的 DHCP 报文，该不信任接口可能连接到一个边缘交换机

5.7.3.3 配置 Option82 的电路 ID

配置该命令前，必须先全局使能 DHCP Snooping，才可以使 DHCP Snooping 的配置生效。

表 5-46 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# dhcp snooping	全局启用 DHCP	缺省情况下，DHCP

命令举例	操作	说明
	Snooping 功能	Snooping 功能处于关闭状态
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# dhcp snooping vlan 2 information option format-type circuit-id string vlan2	配置 Option82 中的电路 ID 为 vlan2	VLAN ID 取值范围为 1~4094；ASCII 字符串的取值范围为 1~63

5.7.3.4 配置 Option82 的远端 ID

类似地，必须先全局使能 DHCP Snooping，才可以使 DHCP Snooping 的配置生效。

表 5-47 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# dhcp snooping	全局启用 DHCP Snooping 功能	缺省情况下，DHCP Snooping 功能处于关闭状态
Switch(config)# dhcp snooping information option format remote-id hostname	配置 Option82 的远端 ID 为 hostname	ASCII 字符串的取值范围为 1~63

5.7.4 显示与维护

表 5-48 显示与维护

命令	操作	说明
show dhcp snooping config	查看 DHCP Snooping 配置信息	-
show dhcp snooping statistics	查看 DHCP Snooping 统计信息	-
show dhcp snooping trusted-sources	查看 DHCP Snooping 信任端口信息	-
show dhcp snooping binding all	查看 DHCP Snooping 绑定信息	-

5.7.5 典型配置举例

5.7.5.1 配置步骤

i. 配置VLAN

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	配置 VLAN 数据库
Switch(config-vlan)# vlan 12	创建 VLAN 12
Switch(config-vlan)# exit	退出全局配置模式

ii. 配置接口eth-0-12

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-12	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport	设置为交换接口
Switch(config-if)# switchport access vlan 12	添加接口到 VLAN 12
Switch(config-if)# dhcp snooping trust	配置接口为信任状态
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出全局配置模式

iii. 配置接口eth-0-11

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-11	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport	设置为交换接口
Switch(config-if)# switchport access vlan 12	添加接口到 VLAN 12
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出全局配置模式

iv. 配置VLAN12接口

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface vlan 12	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.1/24	设置 VLAN 12 的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

v. 配置DHCP特性

命令举例	操作步骤
Switch(config)# dhcp snooping verify mac-address	检查 DHCP 用户上送的请求报文头 MAC 地址是否合法

vi. 使能DHCP Snooping全局特性

命令举例	操作步骤
Switch(config)# service dhcp enable	使能 DHCP 服务
Switch(config)# dhcp snooping	使能 DHCP Snooping 特性
Switch(config)# dhcp snooping vlan 12	在 VLAN 12 上使能 DHCP Snooping 特性

5.7.5.2 命令验证

- 检查接口配置是否正确：

```
Switch(config)# show running-config interface eth-0-12
    !
    interface eth-0-12
     dhcp snooping trust
```

```
 switchport access vlan 12
!
Switch(config)# show running-config interface eth-0-11
!
interface eth-0-11
 switchport access vlan 12
!
```

- 检查DHCP服务状态：

```
Switch# show services

    Networking services configuration:
    Service Name       Status
    ============================================================
    dhcp               enable
```

- 检查当前DHCP Snooping配置信息：

```
Switch# show dhcp snooping config

    dhcp snooping service: enabled
    dhcp snooping switch: enabled
    Verification of hwaddr field: enabled
    Insertion of relay agent information (option 82): disable
    Relay agent information (option 82) on untrusted port: not allowed
    dhcp snooping vlan 12
```

- 检查DHCP Snooping的统计信息：

```
Switch# show dhcp snooping statistics
```

```
DHCP snooping statistics:
=========================================================
DHCP packets                    17
BOOTP packets                    0
Packets forwarded                30
Packets invalid                  0
Packets MAC address verify failed    0
Packets dropped                  0
```

- 显示DHCP Snooping绑定信息：

```
Switch# show dhcp snooping binding all

DHCP snooping binding table:
VLAN MAC Address    Interface  Lease(s)   IP Address
=========================================================
12   0016.76a1.7ed9 eth-0-11   691190     12.1.1.65
```

5.8 IP Source Guard 配置

5.8.1 简介

通过 IP Source Guard 绑定功能，可以对端口转发的报文进行过滤控制，防止非法 IP 地址和 MAC 地址的报文通过端口，提高了端口的安全性。端口接收到报文后，通过查找 IP Source Guard 绑定表项，对报文进行如下处理：

- 对于 IP+Port 的绑定表项，如果报文中的源 IP 地址与绑定表项中记录的 IP 地址相同，端口将转发该报文；若不相同，则丢弃该报文；
- 对于 IP+Port+MAC 的绑定表项，如果报文中的源 MAC 地址和源 IP 地址与绑定表项中记

录的 MAC 地址和 IP 地址相同，端口将转发该报文；若不相同，则丢弃该报文；

- 对于 IP+Port+MAC+VLAN 的绑定表项，如果报文中的源 MAC 地址，源 IP 地址和 VLAN 与绑定表项中记录的 MAC 地址，IP 地址和 VLAN 相同，端口将转发该报文；若不相同，则丢弃该报文。

5.8.2 术语解释

以下是关于 IP Source Guard 的术语和概念的简要描述：

动态主机配置协议 (DHCP)：是一个客户机/服务器的协议，它会自动提供 IP 地址以及其它相关的子网掩码和默认网关等信息给一个互联网协议（IP）的主机。

DHCP Snooping: 是一种安全功能，如不受信任的主机和信任的 DHCP 服务器之间的防火墙行为。此功能建立和维护 DHCP Snooping 绑定数据库，其中包含不可信主机租用的 IP 地址信息。

ACL: 访问控制条目。

5.8.3 配置 IP Source Guard 绑定功能

5.8.3.1 添加/删除静态 IP 绑定条目

一条静态的 IP 绑定条目包括一个 IP 地址，一个 MAC 地址，以及 VLAN ID 和接口名字。同一个 IP 地址或 MAC 地址只能出现在一个绑定条目中，不允许重复出现。绑定条目配置以后不能修改，只能删除后重新配置。

表 5-49 添加静态 IP 绑定条目

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip source	绑定 MAC 地址	缺省情况下，系统未配

命令举例	操作	说明
binding mac 0001.1234.1234 vlan 1 ip 172.20.50.5 interface eth-0-1	0001.1234.1234，VLAN 1，IP 地址 172.20.50.5 和接口 eth-0-1 到一个绑定条目中	置任何绑定条目

可以使用命令删除配置的 VLAN 和接口，如果不指定 VLAN 或者接口，那么所有的绑定条目都将被删除。下表以删除所有绑定条目为例，详细举例可参考配置举例。

表 5-50 删除静态 IP 绑定条目

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# no ip source binding entries	删除所有绑定条目	缺省情况下，系统未配置任何绑定条目

5.8.3.2 配置端口绑定的最大条目数

表 5-51 配置端口绑定的最大条目数

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip source maximal binding number per-port 20	设置每个端口上绑定的最大条目数为 20	绑定条目的取值范围为 0～30，0 表示不限定；缺省情况下，绑定的最大条目数为 10 条

5.8.3.3 端口使能 IP 绑定检查功能

配置该命令可以在接口上使能 IP 绑定检查功能，并指定检查项。检查项包括：ip（检查源 IP 地址）、ip-mac（检查源 IP 地址和源 MAC 地址）、ip-vlan（检查源 IP 地址和源 VLAN）、ip-mac-vlan（检查源 IP 地址、源 MAC 地址和源 VLAN）。

表 5-52 端口使能 IP 绑定检查功能

命令举例	操作	说明
Switch#configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# ip verify source ip-mac	在接口上使能 IP 绑定检查功能，检查源 IP 和 MAC	在 Access 端口上，不带 tag 的报文可以通过源 VLAN 检查。缺省情况下，接口 IP 绑定检查功能处于关闭状态
Switch(config-if)# ipv6 verify source ip-mac	在接口上使能 IPV6 绑定检查功能，检查源 IP 和 MAC	在 Access 端口上，不带 tag 的报文可以通过源 VLAN 检查。缺省情况下，接口 IP 绑定检查功能处于关闭状态

5.8.4 显示与维护

表 5-53 显示与维护

命令	操作	说明
show ip source binding [**interface** *if-name*]	显示 IP 绑定检查的功能的相关配置和绑定条目	如果不指定端口，那么所有绑定表项都会被显示出来

5.8.5 典型配置举例

5.8.5.1 配置步骤

i. 配置VLAN信息

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 3	创建 VLAN3
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-16	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport	设置端口为二层端口
Switch(config-if)# no shutdown	打开端口
Switch(config-if)# switchport access vlan 3	设置端口属于 VLAN3
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

ii. 配置IP/IPv6 Source Guard

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ip source maximal binding number per-port 15	设置每个端口最大绑定的条目为 15 条
Switch(config)# ip source binding ip 10.0.0.2 mac 1111.1111.1111 vlan 3 interface eth-0-16	配置 IP Source Guard 绑定表项
Switch(config)# ipv6 source binding ipv6 2001::2 mac 2222.2222.2222 vlan 5 interface eth-0-16	配置 IPv6 Source Guard 绑定表项
Switch(config)# interface eth-0-16	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip verify source ip-mac-vlan	在接口下使能 IPV4+MAC+VLAN+Port 绑定检查
Switch(config-if)# ipv6 verify source ip-mac-vlan	在接口下使能 IPV6+MAC+VLAN+Port 绑定检查
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

iii. 删除配置

命令举例	操作步骤
Switch(config)# no ip source binding ip 10.0.0.2 mac 1111.1111.1111 vlan 3 interface eth-0-16	删除单条 IP Source Guard 绑定表项
Switch(config)# no ipv6 source binding ipv6 2001::2 mac 2222.2222.2222 vlan 5	删除单条 IPv6 Source Guard 绑定表项

命令举例	操作步骤
interface eth-0-16	
Switch(config)# no ip source binding entries interface eth-0-16	删除所有绑定到 eth-0-16 的表项
Switch(config)# no ip source binding entries vlan 3	删除所有绑定到 VLAN 3 的表项
Switch(config)# no ip source binding entries	清除所有的绑定表项

5.8.5.2 命令验证

显示上述配置结果：

```
Switch#show running-config interface eth-0-16
!
interface eth-0-16
 ip verify source ip-mac-valn
 ipv6 verify source ip-mac-vlan
 switchport access vlan 3
```

5.9 私有 VLAN 配置

5.9.1 简介

私有 VLAN 属性能在同一 VLAN 内部实现二层流量的隔离和互通，能够节约 IP 地址、隔离广播风暴、防止病毒攻击等，增强了网络安全。

私有 VLAN 将一个 VLAN 的二层广播域划分为多个子域，每个子域都包含一个私有 VLAN 对，即主 VLAN 和辅助 VLAN，辅助 VLAN 又分为隔离 VLAN 和群体 VLAN。同一个隔离 VLAN 中的主机之间不能相互通信，一个私有 VLAN 域中只有一个隔离 VLAN。而同一个群体 VLAN 中的主机之前可以相互通信，一个私有 VLAN 域中可以有多个群体 VLAN。隔离 VLAN 与群体 VLAN 之间不能相互访问。

一个私有 VLAN 域内一般有三种类型的端口：隔离端口、群体端口以及混杂端口。

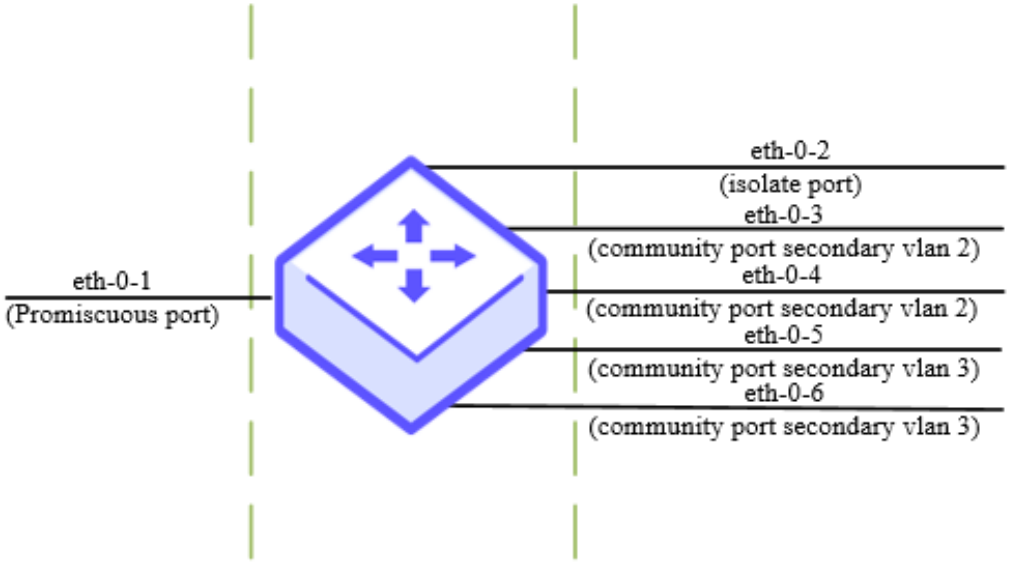
5.9.2 配置私有 VLAN

5.9.2.1 介绍

如下图所示，所有端口在同一私有 VLAN 中。端口 1 是混杂端口，可与同一私有 VLAN 中所有其他端口互通。端口 2 是隔离端口，它与同一私有 VLAN 中所有其他端口都互相隔离，除了混杂端口（端口 1）。端口 3 和 4 是互通端口，属于子 VLAN 2，端口 3 和 4 彼此可以互通，还可以和混杂端口互通、同一私有 VLAN 的其他端口都互相隔离。端口 5 和 6 是互通端口，属于子 VLAN 3，端口 5 和 6 彼此可以互通，还可以和混杂端口互通，与同一私有 VLAN 的其他端口都互相隔离。

5.9.2.2 拓扑

图 5-1 私有VLAN基本拓扑图



5.9.2.3 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch (config-vlan)# vlan 2	创建 VLAN 2
Switch (config-vlan)# quit	退出 VLAN 配置模式
Switch (config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch (config-if)# switchport mode private-vlan promiscuous	配置私有 VLAN 模式为混杂端口
Switch (config-if)# switchport private-vlan 2	配置主 VLAN 2

命令举例	操作步骤
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch (config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch (config-if)# switchport mode private-vlan host	配置私有 VLAN 模式为主机端口
Switch (config-if)# switchport private-vlan 2 isolate	配置私有 VLAN 模式为隔离端口，配置主 VLAN 为 2
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch (config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch (config-if)# switchport mode private-vlan host	配置私有 VLAN 模式为主机端口
Switch (config-if)# switchport private-vlan 2 community-vlan 2	配置私有 VLAN 模式为互通端口，配置主 VLAN 和子 VLAN 为 2
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch (config)# interface eth-0-4	进入接口配置模式
Switch (config-if)# switchport mode private-vlan host	配置私有 VLAN 模式为主机端口
Switch (config-if)# switchport private-vlan 2 community-vlan 2	配置私有 VLAN 模式为隔离端口，配置主 VLAN 为 2
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch (config)# interface eth-0-5	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch (config-if)# switchport mode private-vlan host	配置私有 VLAN 模式为主机端口
Switch (config-if)# switchport private-vlan 2 community-vlan 3	配置私有 VLAN 模式为隔离端口，配置主 VLAN 为 3
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch (config)# interface eth-0-6	进入接口配置模式
Switch (config-if)# switchport mode private-vlan host	配置私有 VLAN 模式为主机端口
Switch (config-if)# switchport private-vlan 2 community-vlan 3	配置私有 VLAN 模式为隔离端口，配置主 VLAN 为 3
Switch (config-if)# quit	退出接口配置模式

5.9.2.4 命令验证

显示上述配置结果：

```
Switch # show private-vlan
Primary  Secondary Type        Ports
------------------------------------------------------------------------
2        N/A     promiscuous   eth-0-1
2        N/A     isloate       eth-0-2
2        2       community     eth-0-3  eth-0-4
2        3       community     eth-0-5  eth-0-6
```

5.10 AAA 配置

5.10.1 简介

AAA 是认证（Authentication）、授权（Authorization）、计费（Accounting）的简称，它提供了认证、授权和计费三种安全功能，可以实现对网络安全的管理：

- 认证：确定用户是否有权限访问网络服务器，需要进行合法性检查，如验证用户名和密码等。
- 授权：用户提供访问特定网络或设备的权限，限制用户对网络或设备的使用。
- 计费：记录用户在网络中进行的所有操作和使用网络资源的情况。

5.10.1.1 认证

AAA 支持两种认证方式：

不认证：对用户完全信任，无需认证即可直接访问网络服务器。一般不采用此方式。

本地认证：将用户信息在设备上进行配置，运行速度快，但存储信息的容量根据设备差异会有所不同。

远端认证暂不支持。

如果采用多种认证方式，按配置的先后顺序生效。

5.10.1.2 授权

AAA 支持以下两种授权方式：

直接授权：对用户完全信任，直接授权访问网络服务器。

本地授权：根据设备对本地用户相关属性的配置进行授权。

远端授权暂不支持。

5.10.1.3 计费

暂不支持计费。

5.10.2 配置 AAA

5.10.2.1 配置 AAA 访问控制模块

表 5-54 全局启用 AAA 访问控制模块

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	缺省情况下，AAA 访问控制模块处于关闭状态
Switch(config)#aaa new-model	使能 AAA 访问控制模块	

5.10.2.2 AAA 显示与维护

表 5-55 AAA 显示与维护

命令	操作	说明
show aaa status	显示认证、授权、计费（AAA）的状态信息	-
show aaa method-lists authentication	显示一系列的认证方式的相关信息	-

5.10.3 典型配置举例

暂无

5.11 端口隔离配置

5.11.1 简介

用户可以将不同的端口加入至不同的 VLAN，实现端口间的二层隔离，但这样会造成 VLAN 资源的浪费。通过端口隔离的特性，用户可以将不同的端口加入至同一个 VLAN 中，但是不同端口之间不能互通。用户只需要采用端口隔离功能，将端口加入到隔离组中，实现隔离组内端口之间的二层数据的隔离。从而增强了网络的安全性，提供了灵活的组网方案，同时节省了大量的 VLAN 资源。

5.11.2 配置端口隔离

5.11.2.1 配置端口加入隔离组

属于同一隔离组的两个端口之间将受到端口隔离功能的控制。属于不同隔离组的两个端口不受该功能影响。隔离组可以在物理端口或者聚合端口上配置。

表 5-56 配置端口加入隔离组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config-if)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# port-isolate group 1	配置端口属于隔离组 1	隔离组号的取值范围范围 1~30；缺省情况下，系统未配置隔离组

5.11.2.2 配置端口隔离模式

端口隔离模式有两种可供选择：隔离二层报文（l2）和全部隔离（all）。如果隔离模式为隔离二层，三层报文将不受影响。如果隔离模式为全部隔离，所有报文都将受端口隔离功能的控

制。

表 5-57 配置端口隔离模式

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# port-isolate mode all	配置端口隔离模式为全部隔离	缺省情况下，仅隔离二层报文

5.11.2.3 显示与维护

表 5-58 显示与维护

命令	操作	说明
show port-isolate [**group** *isolate-group-id*]	显示端口隔离相关配置信息	隔离组号的取值范围范围 1~30

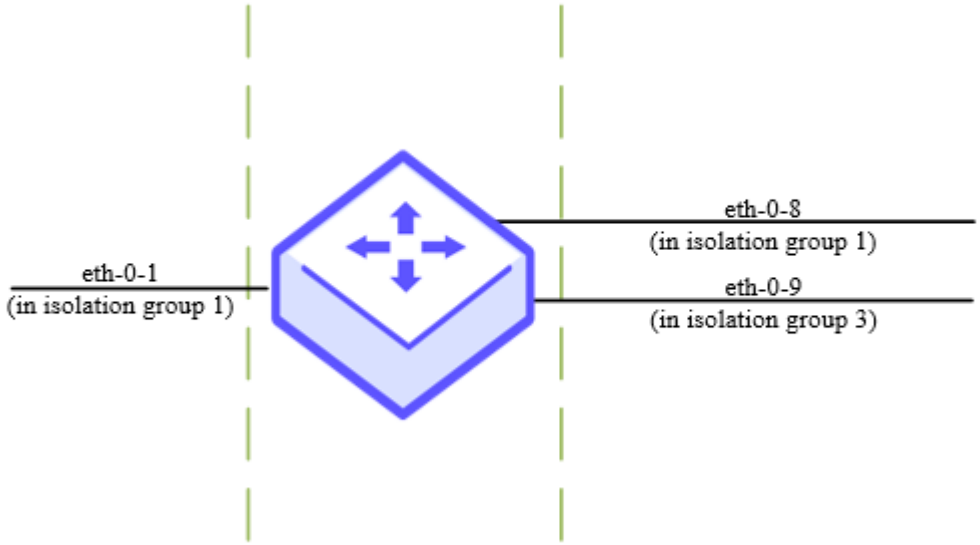
5.11.3 典型配置举例

5.11.3.1 介绍

如下图，端口 1 和端口 8 在同一个隔离组 1，所以端口 1 和端口 8 不能互相通信。端口 9 在隔离组 3，所以端口 9 能和端口 1、端口 8 互相通信。

5.11.3.2 拓扑

图 5-2 端口隔离基本拓扑图



5.11.3.3 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# port-isolate mode l2	设置端口隔离的模式
Switch(config-if)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-isolate group 1	配置端口属于隔离组 1
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-8	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-isolate group 1	配置端口属于隔离组 1
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-isolate group 3	配置端口属于隔离组 3
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# end	退出全局配置模式

5.11.3.4 命令验证

显示端口隔离相关配置信息：

```
Switch# show port-isolate
Port Isolate Mode  : L2
------------------------------------------------------------
 Port Isolate Groups:
------------------------------------------------------------
 Groups ID: 1
eth-0-1，eth-0-8
------------------------------------------------------------
Groups ID: 3
eth-0-9
------------------------------------------------------------
```

5.12 DDoS 攻击与防御配置

5.12.1 简介

Distributed Denial of Service（分布式拒绝服务，缩写：DDoS）攻击是由传统的 Denial of Service（拒绝服务，缩写：DoS）攻击发展而来，攻击原理是利用合理的服务请求来占用过多的服务资源，从而使主机或者服务器无法处理合法用户的指令。相比之下，DDoS 攻击的流量增强且攻击的方式更为隐蔽，增大了防御的难度。DDoS 攻击通常以报文泛洪的形式体现，这些不同来源的恶意的报文将造成网络资源浪费、链路带宽堵塞、服务器资源耗尽导致的业务中断等。

DDoS 防御特性可以保护我们交换机抵挡以下类型的攻击，拦截不同类型攻击对应的数据包：

- ICMP 泛洪攻击：该攻击通过向目标 IP 发送大量 ICMP 报文，占用带宽造成网络堵塞，从而导致合法报文无法达到目的地，服务器无法正常处理业务。
- Smurf 攻击：攻击者先使用受害主机的地址，向一个广播地址发送 ICMP 回响请求，在此广播网络上，潜在的计算机会做出响应，大量响应将发送到受害主机。此攻击后果与 ICMP 泛洪攻击类似，最终造成网络阻塞，但比 ICMP 泛洪攻击更为隐秘。
- SYN 泛洪攻击：蓄意侵入 TCP 三次握手并打开大量的 TCP/IP 连接而进行的攻击，该攻击利用 IP 欺骗，向受害主机的系统发送看起来合法的 SYN 请求，而事实上该源地址不存在或当时不在线，因而回应的 ACK 消息无法到达目的。而受害主机的系统被大量的数据流量阻塞，或造成资源消耗，导致无法为合法的用户提供服务。
- UDP 泛洪攻击：该攻击通过向目标 IP 发送大量 UDP 报文，占用带宽，消耗资源。
- Fraggle 攻击：该攻击是 Smurf 的变种，针对防火墙对 ICMP 报文检查比较严格的前提下，不再向广播地址发 ICMP 请求报文，而是改为发送 UDP 报文。
- Small-packet 攻击：IP 小报文攻击是发送大量的小报文到被攻击系统来消耗系统的资源。
- bad mac intercept：目的 MAC 地址等于源 MAC 地址的报文攻击。
- bad ip equal：目的 IP 地址等于源 IP 地址的报文攻击。

5.12.2 配置 DDoS 防御

5.12.2.1 配置抵御 ICMP 泛洪攻击

使用该条命令可以配置系统限制接收 ICMP 报文的速率。

表 5-59 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip icmp intercept maxcount 100	使能 ICMP 泛洪检测，设置每秒最多可接收 ICMP 报文的个数为 100	每秒接收相应数据包的个数，取值范围为 0~1000，默认值为 500；缺省情况下，未配置抵御 ICMP 泛洪攻击
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.2 配置 Smuf 攻击

表 5-60 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip smurf intercept	使能 Smurf 攻击检测	缺省情况下，未使能 Smurf 攻击检测
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.3 配置 SYN 泛洪攻击

使用该条命令可以设置系统限制接收 TCP 协议的 SYN 报文的速率。

表 5-61 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip tcp intercept maxcount 100	使能 SYN 泛洪检测，设置每秒接收 TCP 的 SYN 报文个数最大为 100	每秒接收相应数据包的个数，取值范围为 0~1000，默认值为 500；缺省情况下，未配置抵御 SYN 泛洪攻击
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.4 配置 UDP 泛洪攻击

使用该条命令可以设置系统限制接收 UDP 报文的速率。

表 5-62 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip udp intercept maxcount 100	使能 UDP 泛洪检测，设置每秒接收 UDP 报文个数最大为 100	每秒接收相应数据包的个数，取值范围为 0~1000，默认值为 500；缺省情况下，未配置抵御 UDP 泛洪攻击

命令举例	操作	说明
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.5 配置防御 Fraggle 攻击

表 5-63 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip fraggle intercept	使能 Fraggle 攻击	缺省情况下，未使能 Fraggle 攻击检测
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.6 配置抵御 Small-packet 攻击

如果检测到 IP 报文长度小于设定的长度，则丢弃该报文。

表 5-64 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip small-packet intercept length 32	使能 Small-packet 攻击检测，设置接收 IP 报文长度最小为 32 字节	接收 IP 报文的最小长度，取值范围为 28~65535，默认值为 28；缺省情况下，未使能 Small-packet 攻击检测

命令举例	操作	说明
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.7 配置过滤相同 IP/MAC 地址报文

表 5-65 配置过滤相同 IP 地址报文

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip ipeq intercept	使能检测源 IP 地址等于目的 IP 地址的报文攻击	缺省情况下，未使能检测源 IP 地址等于目的 IP 地址的报文攻击
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

表 5-66 配置过滤相同 MAC 地址报文

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip maceq intercept	使能检测源 MAC 地址等于目的 MAC 地址的报文攻击	缺省情况下，未使能检测源 MAC 地址等于目的 MAC 地址的报文攻击
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.2.8 配置抵御 nullscan 攻击

如果检测到 tcp 数据包没有设置标志位，则丢弃该报文。

表 5-67 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# nullscan enable	使能 nullscan 攻击检测	过滤没有设置标志位的 TCP 数据包；缺省情况下，未使能 nullscan 攻击检测
Switch(config)# end	退出全局配置模式	-

5.12.3 显示与维护

表 5-68 显示与维护

命令	操作	说明
show ip-intercept config	显示系统当前 DDoS 防御配置	-
show ip-intercept statistics	显示当前攻击检测丢包的统计信息	-
clear ip-intercept statistics	清除攻击检测丢包统计信息	-

根据上述配置，显示系统当前 DDoS 防御配置：

```
Switch# show ip-intercept config
Current DDoS Prevent configuration:
============================================================
ICMP Flood Intercept         :Enable  Maxcount:100
UDP Flood Intercept          :Enable  Maxcount:100
SYN Flood Intercept          :Enable  Maxcount:100
Small-packet Attack Intercept   :Enable  Packet Length:32
Smurf Attack Intercept        :Enable
Fraggle Attack Intercept      :Enable
MAC Equal Intercept          :Disable
IP Equal Intercept           :Enable
NULLSCAN Attack Intercept      :Enable
Switch# show ip-intercept vrf vrf1 config
Current DDoS Prevent configuration for VRF vrf1:
============================================================
ICMP Flood Intercept         :Enable  Maxcount:100
UDP Flood Intercept          :Enable  Maxcount:100
SYN Flood Intercept          :Enable  Maxcount:100
Small-packet Attack Intercept   :Enable  Packet Length:32
Smurf Attack Intercept        :Enable
Fraggle Attack Intercept      :Enable
MAC Equal Intercept          :Disable
IP Equal Intercept           :Enable
NULLSCAN Attack Intercept      :Enable
Switch# show ip-intercept statistics
Current DDoS Prevent statistics:
```

```
==========================================================
Resist Small-packet Attack packets number  : 0
Resist NULLScan Attack packets number      : 0
Resist ICMP Flood packets number           : 0
Resist Smurf Attack packets number         : 0
Resist SYN Flood packets number            : 0
Resist Fraggle Attack packets number       : 0
Resist UDP Flood packets number            : 0
```

5.13 Key Chain 配置

5.13.1 简介

Key Chain（密钥链）是一种通用的认证方法，适用于需要共享密钥的实体在建立相互信任之前交换密钥、完成认证。这种认证方法通常被用在路由协议和网络应用中，可以增强对等体之间通信的安全性。

密钥链提供了一种包含密钥控制和基于生命周期的安全机制，它将一连串的密钥通过生命周期联系在一起，并将它们按照序号挂在密钥链里。密钥链在使用时会依次比对链中的各个密钥，找到密钥则通过验证。

为了发挥生命周期的作用，在使用密钥链之前，必须要定义密钥的有效时间。并且为了保持稳定性，最好能同时使用一个以上的有效密钥。

5.13.2 配置 Key Chain

5.13.2.1 创建/删除密钥链

表 5-69 创建/删除密钥链

命令	操作	说明
key chain *keychain-name*	创建密钥链，并进入密钥链配置模式	keychain-name: 密钥链名称，不超过 20 个字符；缺省情况下，未创建密钥链
no key chain *keychain-name*	删除创建的密钥链	

5.13.2.2 创建/删除密钥

只有密钥中配置了密钥字符串，该密钥才会被使用。

表 5-70 创建/删除密钥

命令	操作	说明
key *key-id*	创建密钥，并进入密钥配置模式	key-id: 密钥 ID，取值范围为 1~31；缺省情况下，密钥链中未创建密钥
no key *key-id*	删除创建的密钥	

5.13.2.3 创建/删除密钥字符串

在密钥配置模式下，使用下表的命令配置密钥的字符串，如果不设置发送或接收的有效时间，则密钥永久有效。

表 5-71 创建/删除密钥字符串

命令	操作	说明
key-string *string*	创建密钥字符串	string: 密钥字符串，取值范围为 0～255；缺省情况下，未配置密钥字符串
no key-string *string*	删除创建的密钥字符串	

5.13.2.4 配置密钥有效接收/发送时间

下表的命令配置密钥有效接收/发送的时间，当时间到期以后该密钥无效。start-time 和 end-time 格式的规则请参考配置举例。

表 5-72 配置密钥有效接收时间

命令	操作	说明
accept-lifetime *start-time end-time*	配置密钥的有效接收时间	start-time: 密钥有效接收开始时间，end-time:密钥有效接收结束时间；格式可以为：HH:MM:SS <1-31> MONTH <1993-2035> 或 HH:MM:SS MONTH <1-31> <1993-2035>；缺省情况下，密钥接收永久有效
no accept-lifetime	删除配置的密钥有效接收时间	

表 5-73 配置密钥有效发送时间

命令	操作	说明
send-lifetime *start-time end-time*	配置密钥的有效发送时间	start-time: 密钥有效发送开始时间，end-time:密钥有效发送结束时间；格式可以为：HH:MM:SS <1-31> MONTH <1993-2035> 或 HH:MM:SS MONTH <1-31> <1993-2035>；缺省情况下，密钥发送永久有效
no send-lifetime	删除配置的密钥有效发送时间	

5.13.3 显示与维护

表 5-74 显示与维护

命令	操作	说明
show key chain [*keychain-name*]	显示密钥链的配置信息	keychain-name: 密钥链名称，不超过 20 个字符

5.13.4 配置举例

5.13.4.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# key chain test	创建名为 test 的密钥链，并且进入密钥链配置模式
Switch(config-keychain)# key 1	创建 ID 为 1 的密钥，并且进入密钥配置模式
Switch(config-keychain-key)# key-string ##test_keystring_1##	配置密钥字符串
Switch(config-keychain-key)# accept-lifetime 0:0:1 1 jan 2012 infinite	配置密钥的合法接收时间
Switch(config-keychain)# key 2	创建 ID 为 2 的密钥，并且进入密钥配置模式
Switch(config-keychain-key)# key-string ##test_keystring_2##	配置密钥字符串

Switch(config-keychain-key)# send-lifetime 0:0:1 2 jan 2012 infinite	配置密钥的合法发送时间

5.13.4.2 命令验证

根据上述配置步骤，显示密钥链信息：

```
Switch # show key chain

  key chain test:
    key 1 -- text "key-string ##test_keystring_1##"
      accept-lifetime <00:00:01 Jan 01 2012> - <infinite>
      send-lifetime <always valid> - <always valid> [valid now]
    key 2 -- text "key-string ##test_keystring_2##"
      accept-lifetime <always valid> - <always valid> [valid now]
      send-lifetime <00:00:01 Jan 02 2012> - <infinite>
```

5.14 Port-Block 配置

5.14.1 简介

Port-block 只对二层组播报文有效，包含三层头信息的组播报文将不被阻塞。默认情况下，端口泛洪报文都是没有目的 MAC 地址的。如果这些报文被送到保护端口上，将有可能出现安全问题。为了避免目的 MAC 地址未知或者已知的单播或组播传输到其他端口，可以阻塞该端口以避免发送单播或者组播出去。

5.14.2 配置 Port Block

5.14.2.1 创建端口阻塞

用户可以根据实际情况，选择配置以下五种不同的端口阻塞：known-unicast（对目的 MAC 地址已知的单播进行阻塞）；known-multicast（对目的 MAC 地址已知的组播进行阻塞）、unknown-unicast（对目的 MAC 地址未知的单播进行阻塞）、unknown-multicast（对目的 MAC 地址未知的组播进行阻塞）以及 broadcast（对广播进行阻塞）。

表 5-75 创建端口阻塞

命令	操作	说明
port-block { **known-unicast** | **known-multicast** | **unknown-unicast** | **unknown-multicast** | **broadcast** }	创建端口阻塞	缺省情况下，对 MAC 地址已知的单播和组播都是不阻塞的；对 MAC 地址未知的单播和组播都是不阻塞的；对广播也是不阻塞的
no port-block { **known-unicast** | **known-multicast** | **unknown-unicast** | **unknown-multicast** | **broadcast** }	删除配置的端口阻塞	

5.14.2.2 显示端口阻塞信息

表 5-76 显示端口阻塞信息

命令	操作	说明
show port-block [**interface** *if-name*]	显示所有端口或指定端口的 port-block 配置信息	此处 if-name 只能为物理端口或 AGG 端口

5.14.3 配置举例

5.14.3.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-block unknown-unicast	对 MAC 地址未知的单播阻塞
Switch(config-if)# end	退出全局配置模式

5.14.3.2 命令验证

显示端口的 port-block 配置信息：

```
Switch # show port-block interface eth-0-1
 Known unicast blocked: Enabled
 Known multicast blocked: Disabled
 Unknown unicast blocked: Disabled
 Unknown multicast blocked: Disabled
  Broadcast blocked: Disabled
```

6 IP 路由配置指导

路由是通信网络中常见的要素之一，IP 路由的过程即根据 IP 地址转发报文的过程。通过路由器可以实现报文转发和路由选择，路由器支持静态路由与动态路由。本章节的内容主要介绍静态路由以及 ECMP 负载均衡的相关配置。

6.1 IP 单播路由配置

6.1.1 简介

静态路由一般由用户或管理员手工配置，使数据包通过预设的路径到达指定的目的地址。静态路由主要应用于小型网络中，当设备或者路由数量有限时，只需考虑使用静态路由就可以满足工作需求。合理设置和使用静态路由可以改进网络性能，并可为重要的网络应用保证带宽。静态路由也存在一定的局限性，当网络发生故障或者拓扑发生变化后，可能会出现路由不可达，从而导致网络中断。此时必须由网络管理员手工修改静态路由的配置。

6.1.2 配置静态路由

6.1.2.1 配置 IP 地址

配置静态路由之前，需要先配置 IP 地址。一个接口上可以有一个主 IP 地址和多个从 IP 地址。交换机产生的报文使用主 IP 地址。因此，在同一网段的所有的交换机和接入服务器可以实现网络共享。

用户可以使用 **no ip address** 命令删除接口的 IP 地址，从而禁用该端口上的 IP 路由功能。如果系统检测到另外一个主机正在使用这个 IP 地址，系统将会在控制台上输出错误消息。

表 6-1 配置 IP 地址

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# ip address 10.108.1.27 255.255.255.0	配置 10.108.1.27 为主 IP 地址、192.31.7.17 和 192.31.8.17 为从 IP 地址	缺省情况下，接口上未配置 IP 地址；secondary 这个关键字允许用户配置最多 15 个从 IP 地址
Switch(config-if)# ip address 192.31.7.17/24 secondary		
Switch(config-if)# ip address 192.31.8.17 255.255.255.0 secondary		

6.1.2.2 创建静态路由

当交换机无法动态地与目的地址建立路由时，使用静态路由是个不错的选择。

表 6-2 创建静态路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip route 172.31.0.0 255.255.0.0 172.31.6.6	创建一条静态路由	缺省情况下，未配置静态路由

用户还可以配置路由泄露，如下表所示。

表 6-3 配置静态路由泄露

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip route 22.12.31.0/24 23.0.0.2	创建一条静态路由	缺省情况下，未配置静态路由
Switch(config)# ip route vrf test1 23.12.31.0/24 11.15.0.15	配置静态路由泄露	缺省情况下，未配置静态路由

6.1.2.3 配置静态路由条目数的最大值

用户可配置的最大静态路由条目不得小于当前已配置的静态路由条目数，且不得大于系统的路由规格。

表 6-4 配置静态路由条目数的最大值

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# max-static-routes 10	配置静态路由条目数的最大值为 10	静态路由条目数的取值范围为 1～65535；缺省情况下，默认值为 1024 条

6.1.2.4 显示与维护

将路由加入路由表后，用户可以使用 **show ip route** 或者 **show ip route static** 命令显示任何有效的动态和静态路由。

表 6-5 显示与维护

命令	操作	说明
show ip route [**vrf** *vrf-name*] [*ip-address* | *prefix/prefix-length* | *protocol-name*]	显示当前的路由表状态	vrf-name: VRF 实例名； protocol-name：路由协议名，可以是关键字 **connected**、**static** 或者 **summary**。如果指定一个路由协议，使用其中的一个关键字：**bgp**，**ospf**，或者 **rip**
show ip route [**vrf** *vrf-name*] **summary**	显示各种类型路由的汇总信息	vrf-name: VRF 实例名

6.1.3 配置 ECMP 负载均衡

ECMP 路由全称为等价多路径路由，当存在等价多条路径到达同一目的地址时，为目的地址增加规则对应多个下一跳地址，通过这些路径转发数据、增加带宽。

6.1.3.1 配置 ECMP 负载均衡模式

用户可以根据实际情况，配置 ECMP 动态或静态负载均衡模式。

表 6-6 配置 ECMP 动态负载均衡模式

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ecmp load-balance-mode dynamic	配置 ECMP 动态负载均衡模式	缺省情况下，系统默认为静态负载均衡模式

表 6-7 配置 ECMP 静态负载均衡模式

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ecmp load-balance-mode static	配置 ECMP 静态负载均衡模式	缺省情况下，系统默认为静态负载均衡模式



说明

配置 ECMP 静态或动态负载均衡模式时，交换机路由信息必须为空。

6.1.3.2 配置 ECMP 的 HASH 计算

下表显示了配置 ECMP 负载均衡模式使用外层头的源 IP 地址，目的 IP 地址以及内层头的目的 IP 地址来计算 HASH 值。

表 6-8 配置 ECMP 的 HASH 计算

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ecmp hash-field-select ipda ipsa inner-ipda	配置 ECMP 的 HASH 计算	缺省情况下，系统默认为 ipsa、ipda



说明

可以使用这些字段计算 HASH 值：ipda、ipsa、ip-protocol、sourceport、destport、vxlan-vni、nvgre-vsid、inner-ipda、inner-ipsa、inner-ip-protocol、inner-sourceport、inner-destport

6.1.3.3 检查 ECMP 配置信息

表 6-9 检查 ECMP 配置信息

命令	操作	说明
show ecmp information	显示当前 ECMP 的配置信息	-

6.1.4 配置举例

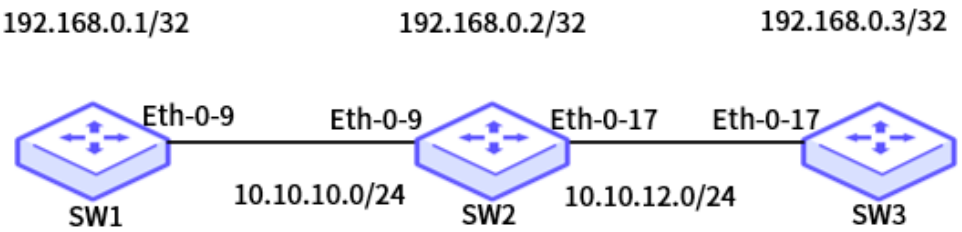
6.1.4.1 介绍

本小节介绍了在一个简单的网络拓扑结构下使能静态路由的实例。静态路由在小型网络中非常有用，可提供若干个目的地可达的简单解决方案，而大型网络一般使用动态路由协议。静态路由是由网络前缀（主机地址）和下一跳（网关）组成。

交换机 SW1 上配置了三个静态路由，一个是远程网络地址 10.10.12.0/24，另外两个是交换机 SW2 和 SW3 的环回地址（主机地址）。交换机 SW3 上配置了一条默认的静态路由，相当于单独的静态路由配置使用相同的网关或下一跳地址。交换机 SW2 有两条路由，每一条路由的目的地址都是远端交换机的环回口地址。

6.1.4.2 拓扑

图 6-1 静态路由配置拓扑图



6.1.4.3 配置步骤

SW1 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# no switchport	设置为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface loopback 0	指定需要配置的环回接口
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.1/32	配置 IP 地址和 32bit 掩码，作为主机地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ip route 10.10.12.0/24 10.10.10.2 Switch(config)# ip route 192.168.0.2/32 10.10.10.2 Switch(config)# ip route 192.168.0.3/32 10.10.10.2	指定目的前缀和掩码网关所需网络，例如，10.10.12.0/24，为它们添加网关（对此所有情况下为 10.10.10.2）。由于 SW2 是唯一可用的下一跳，可以配置默认路由而不是配置为单独的地址，见 SW3 配置

SW2 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# no switchport	设置为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# no switchport	设置为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.12.2/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface loopback 0	指定需要配置的环回接口
Switch(config-if)# ip address 192.168.0.2/32	配置 IP 地址和 32bit 掩码，作为主机地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 192.168.0.1/32 10.10.10.1 Switch(config)# ip route 192.168.0.3/32 10.10.12.3	指定目的和掩码，添加网关

SW3 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# no switchport	设置为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.12.3/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface loopback 0	指定需要配置的环回接口
Switch(config-if)# ip add 192.168.0.3/32	配置 IP 地址和 32bit 掩码，作为主机地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 0.0.0.0/0 10.10.12.2	指定 10.10.12.2 作为到达任意网络的默认网关，因为 10.10.12.2 是唯一的一条可以指定的默认网关，而不是单个网络或主机的指定网关

6.1.4.4 命令验证

1. 根据上述SW1的配置步骤，显示当前的路由表状态：

```
SW1# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
C    10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-9
C    10.10.10.1/32 is in local loopback, eth-0-9
S    10.10.12.0/24 [1/0] via 10.10.10.2, eth-0-9
C    192.168.0.1/32 is directly connected, loopback0
S    192.168.0.2/32 [1/0] via 10.10.10.2, eth-0-9
S    192.168.0.3/32 [1/0] via 10.10.10.2, eth-0-9
```

2. 根据上述SW2的配置步骤，显示当前的路由表状态：

```
SW2# show ip route
```

```
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       [*] - [AD/Metric]
       * - candidate default
C      10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-9
C      10.10.10.2/32 is in local loopback, eth-0-9
C      10.10.12.0/24 is directly connected, eth-0-17
C      10.10.12.2/32 is in local loopback, eth-0-17
S      192.168.0.1/32 [1/0] via 10.10.10.1, eth-0-9
C      192.168.0.2/32 is directly connected, loopback0
S      192.168.0.3/32 [1/0] via 10.10.12.3, eth-0-17
```

3. 根据上述SW3的配置步骤，显示当前的路由表状态：

```
SW3# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       [*] - [AD/Metric]
       * - candidate default
Gateway of last resort is 10.10.12.2 to network 0.0.0.0
S*     0.0.0.0/0 [1/0] via 10.10.12.2, eth-0-17
C      10.10.12.0/24 is directly connected, eth-0-17
```

```
C    10.10.12.3/32 is in local loopback, eth-0-17
C    192.168.0.3/32 is directly connected, loopback0
```

6.2 RIP 配置

6.2.1 简介

RIP（Routing Information Protocol，路由信息协议）是一种较为简单的内部网关协议（Interior Gateway Protocol，IGP），主要用于规模较小的网络中。

RIP 是一种基于距离矢量（Distance-Vector）算法的协议，它通过 UDP 报文进行路由信息的交换。RIP 使用跳数（Hop Count）来衡量到达目的地址的距离，称为路由权（Routing Cost）。在 RIP 中，路由器到与它直接相连网络的跳数为 0，通过一个路由器可达的网络的跳数为 1，其余依此类推。为限制收敛时间，RIP 规定 Cost 的取值为 0～15 之间的整数，Cost 取值大于或等于 16 的跳数被定义为无穷大，即目的网络或主机不可达。

为提高性能，防止产生路由环路，RIP 支持水平分割（Split Horizon）。RIP 还可引入其它路由协议所得到的路由。

6.2.2 配置 RIP 的基本功能

6.2.2.1 开启 RIP 路由协议

表 6-10 全局开启 RIP 路由协议

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并	只有开启 RIP 路由协议，

命令举例	操作	说明
	进入 RIP 协议配置模式	RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# end	退出 RIP 协议配置模式	-

6.2.2.2 指定网段内使能 RIP 路由协议

系统对配置 RIP 网段的数量没有限制。可以在指定的网段内或接口上使能 RIP 路由协议。

表 6-11 指定网段内使能 RIP 路由协议

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# network 10.99.0.0/16	在网段 10.99.0.0/16 和 192.168.7.0/24 使能 RIP 路由协议	-
Switch(config-router)# network 192.168.7.0/24		

6.2.2.3 配置 NBMA 网络的 RIP 邻居

此命令用来配置 NBMA（Non-Broadcast Multi-Access，非广播多点可达）网络中 RIP 邻居的 IP 地址，并以单播的形式更新报文发送到对端，而不采用正常的组播或广播的形式。通常情况下，要结合 Passive Interface（被动接口）一起使用。用户可以配置多个 RIP 邻居。

下表的例子中，RIP 更新报文将会在网段 10.108.0.0/16 相关的所有接口上发送，但是接口 eth-0-1 除外。在这种情况下，可以使用 **neighbor** 命令，系统将会发送路由更新报文到指定的邻居。

表 6-12 配置 NBMA 网络的 RIP 邻居

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# network 10.108.0.0/16	在网段 10.108.0.0/16 使能 RIP 路由协议	-
Switch(config-router)# passive-interface eth-0-1	设置端口上禁止发送RIP报文	-
Switch(config-router)# neighbor 10.108.20.4	发送路由更新报文到指定的邻居 IP 地址	-

6.2.2.4 配置 RIP 协议版本信息

RIP 有两种版本号：RIPv1 和 RIPv2。一般只需全局配置 RIP 版本号即可，接口上指定 RIP 的发送和接收的版本信息会覆盖路由模式下配置的 RIP 版本信息。接口的 RIP 版本号详见 6.2.9.2。

表 6-13 配置 RIP 协议版本信息

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	
Switch(config-router)# version 2	指定RIP路由中发送和接收	缺省情况下，系统默认接

命令举例	操作	说明
	的版本为 v2	收 v1 和 v2 的报文，只发送 v2 的报文

6.2.3 配置 RIPv2 特性

6.2.3.1 使能 RIPv2 的认证功能

在接口模式下，配置该命令使能 RIPv2 的认证功能。配置发送和接收 RIP 报文的方式：MD5 认证使用的密钥链（key-chain）或者明文认证使用的密码（string）。如果 key-chain 或者 string 后面没有添加任何的内容，那么在该接口上接收和发送报文不需要进行认证。key-chain 和 string 不能同时出现，用户配置该功能时，只使用一种认证功能即可。

表 6-14 使能 RIPv2 的认证功能

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip rip authentication key-chain trees	发送和接收 RIP 报文时，使用密钥链 trees	缺省情况下，未使能 RIPv2 的认证功能

6.2.3.2 配置 RIPv2 的认证方式

RIPv2 有两种认证方式：明文验证（text）和 MD5 加密认证（md5）。具体的配置步骤见 6.2.9.7。

表 6-15 配置 RIPv2 的认证方式

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip rip authentication mode md5	配置接口 RIP 验证的类型为 MD5	缺省情况下，未配置 RIPv2 的认证方式

6.2.4 配置防止 RIP 路由环路的方式

设置端口防止形成路由环路的方式：毒性逆转或水平分割。

6.2.4.1 配置水平分割

表 6-16 配置水平分割

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip rip split-horizon	配置水平分割来防止路由环路	缺省情况下，端口采用毒性逆转防止路由环路

6.2.4.2 配置毒性逆转

表 6-17 配置毒性逆转

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip rip split-horizon poisoned	配置毒性逆转来防止路由环路	缺省情况下，端口采用毒性逆转防止路由环路

6.2.5 配置 RIP 路由控制

6.2.5.1 配置 RIP 路由的管理距离

管理距离表明了对一个路由源的信任度，它是从 0 到 255 之间的一个整数。一般情况下，这个值越高，信任等级越低。如果管理距离为 255，说明不信任这个路由源，忽略从该路由源获得的所有路由。用户配置了管理距离后，当路由准备加入路由表时，系统就会根据发布路由更新的交换机 IP 地址进行过滤，同时对符合条件的路由修改管理距离。

表 6-18 配置 RIP 路由的管理距离

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	
Switch(config-router)# network 10.10.0.0/24	在网段 10.10.0.0/24 使能 RIP 路由协议	-
Switch(config-router)# network	在网段 20.20.0.0/24 使能	-

命令举例	操作	说明
20.20.0.0/24	RIP 路由协议	
Switch(config-router)# distance 200 20.20.0.0/24	配置从 20.20.0.0 的网段来的路由的管理距离值为 200	缺省情况下，管理距离的值为 120

6.2.5.2 配置接口的附加度量值

使用命令配置接口接收（in）或发送（out）RIP 路由时的附加度量值，下表以配置接口在发送路由时附加的度量值为例。偏移量列表可以用来改变路由的度量值，以达到某些目的（如备份链路或者负载均衡）。更多相关配置详见 6.2.9.3。

表 6-19 配置接口的附加度量值

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# offset-list 21 out 10	配置接口在发送路由时附加的度量值为 10	缺省情况下，未配置接口的附加度量值

6.2.6 控制 RIP 路由的发送和接收

6.2.6.1 配置 RIP 生成默认路由

该命令生成的默认路由不会下载到 FIB 表中，只会被 RIP 邻居学到。

表 6-20 配置 RIP 生成默认路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# version 2	指定 RIP 路由中发送和接收的版本为 v2	缺省情况下，系统默认接收 v1 和 v2 的报文，只发送 v2 的报文
Switch(config-router)# network 192.168.16.0/24	在网段 192.168.16.0/24 使能 RIP 路由协议	-
Switch(config-router)# default-information originate	配置 RIP 路由表中生成一条默认路由	-

6.2.6.2 禁用接口发送/接收 RIP 报文

表 6-21 禁用接口发送 RIP 报文

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip rip send-packet	禁用接口发送 RIP 报文	缺省情况下，端口可发送 RIP 报文

表 6-22 禁用接口接收 RIP 报文

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip rip receive-packet	禁用接口接收 RIP 报文	缺省情况下，端口可接收 RIP 报文

6.2.6.3 过滤发送/接收 RIP 路由

使用关键字 out 用于过滤发送的 RIP 路由，而关键字 in 用于过滤接收的 RIP 路由。更多相关配置详见 6.2.9.6。

表 6-23 过滤发送 RIP 路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效

命令举例	操作	说明
Switch(config-router)# distribute-list prefix 1 out	过滤发送的 RIP 路由	“1”为前缀列表名

表 6-24 过滤接收 RIP 路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# distribute-list prefix 2 in	过滤接收的 RIP 路由	“2”为前缀列表名

6.2.7 配置 RIP 定时器

通过配置 RIP 各个定时器 Update、Timeout 和 Invalid 的值，调整路由协议的性能，提升 RIP 网络性能。这三个定时器的定义如下：

- Update：路由更新时间；
- Timeout：路由老化时间，如果在老化时间内没有收到关于某条路由的更新报文，则该条路由在路由表中的度量值将会被设置为16，此时该条路由将不能用于转发报文；
- Invalid：路由的垃圾回收时间，定义了一条路由从度量值变为 16 时，直到它从路由表里被删除所经过的时间。在垃圾回收时间内，RIP 以 16 作为度量值向外发送这条路由的更新，如果垃圾回收定时器超时，该路由仍没有得到更新，则该路由将从路由表中被彻底删除。

表 6-25 配置 RIP 定时器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router rip	全局开启 RIP 路由协议，并进入 RIP 协议配置模式	只有开启 RIP 路由协议，RIP 相关配置才能生效
Switch(config-router)# timers basic 5 15 15	设置 RIP 路由的报文更新时间 5 秒，当超过 15 秒没有收到路由更新报文时，路由将失效。再过 15 秒，将路由从 RIP 路由表中删除	Update 、 Timeout 和 Invalid 的取值范围为 5~214748364，单位：秒。 Update：默认 30 秒； Timeout：默认 180 秒； Invalid：默认 120 秒

6.2.8 RIP 显示与维护

表 6-26 RIP 显示与维护

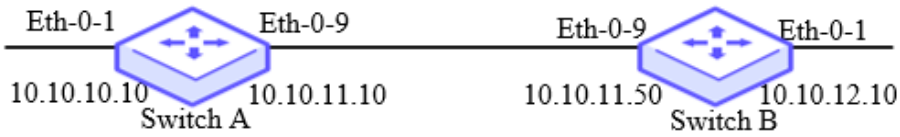
命令	操作	说明
show ip rip database [**vrf** *vrf-name*]	查看 RIP 的数据库	vrf-name：VRF 实例名
show ip rip interface [*if-name*]	显示接口的 RIP 信息	if-name：接口名称
show ip protocol rip	显示 RIP 协议的信息	-
show ip rip database database-summary [**vrf** *vrf-name*]	显示 RIP 路由的统计值	vrf-name：VRF 实例名
show resource rip	显示 RIP 路由占用的硬件资源统计	-

6.2.9 配置举例

6.2.9.1 配置 RIP 基本功能示例

i. 拓扑

图 6-2 RIP基本配置拓扑图



ii. 配置步骤

Switch A 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
SwitchA# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchA(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
SwitchA(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
SwitchA(config-if)# ip address 10.10.10.10/24	配置 IP 地址
SwitchA(config-if)# exit	退出接口配置模式
SwitchA(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
SwitchA(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
SwitchA(config-if)# ip address 10.10.11.10/24	配置 IP 地址
SwitchA(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
SwitchA(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
SwitchA(config-router)# network 10.10.10.0/24	发布 10.10.10.0 网段到 RIP 路由协议中
SwitchA(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布 10.10.11.0 网段到 RIP 路由协议中

Switch B 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
SwitchB# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchB(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
SwitchB(config-if)# ip address 10.10.12.10/24	配置 IP 地址
SwitchB(config-if)# exit	退出接口配置模式
SwitchB(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
SwitchB(config-if)# ip address 10.10.11.50/24	设置 IP 地址
SwitchB(config)# router rip	启用 RIP 路由协议

命令举例	操作步骤
SwitchB(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布 10.10.11.0 网段到 RIP 路由协议中
SwitchB(config-router)# network 10.10.12.0/24	发布 10.10.12.0 网段到 RIP 路由协议中

iii. 命令验证

上述 Switch A 的配置结果如下：

```
SwitchA# show ip rip database
Codes: R - RIP, Rc - RIP connected, Rs - RIP static, K - Kernel,
    C - Connected, S - Static, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
  Network        Next Hop      Metric From        If     Time
Rc 10.10.10.0/24                  1            eth-0-1
Rc 10.10.11.0/24                  1            eth-0-9
R  10.10.12.0/24    10.10.11.50     2 10.10.11.50    eth-0-9  00:02:52
SwitchA# show ip protocols rip
Routing protocol is "rip"

 Sending updates every 30 seconds with +/-5 seconds, next due in 17
seconds

  Timeout after 180 seconds, Garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
  Default version control: send version 2, receive version 2
```

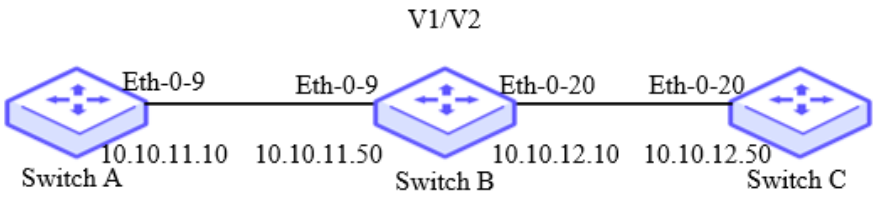
```
  Interface      Send      Recv  Key-chain
  eth-0-1        2         2
  eth-0-9        2         2
 Routing for Networks:
  10.10.10.0/24
  10.10.11.0/24
 Routing Information Sources:
  Gateway         Distance  Last Update  Bad Packets  Bad Routes
  10.10.11.50          120  00:00:22           0         0
 Number of routes (including connected): 3
 Distance: (default is 120)
SwitchA# show ip rip interface
eth-0-1 is up, line protocol is up
 Routing Protocol: RIP
  Receive RIP packets
  Send RIP packets
  Passive interface: Disabled
  Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
  IP interface address:
   10.10.10.10/24
eth-0-9 is up, line protocol is up
 Routing Protocol: RIP
  Receive RIP packets
  Send RIP packets
  Passive interface: Disabled
  Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
```

```
    IP interface address:
      10.10.11.10/24
SwitchA# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       [*] - [AD/Metric]
       * - candidate default
C      10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-1
C      10.10.10.10/32 is in local loopback, eth-0-1
C      10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C      10.10.11.10/32 is in local loopback, eth-0-9
R      10.10.12.0/24 [120/2] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:25:50
```

6.2.9.2 配置接口的 RIP 版本号示例

i. 拓扑

图 6-3 配置RIP版本号拓扑图



ii. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议.
Switch(config-router)# exit	退出路由模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip rip send version 1 2	设置接口发送的 RIP 版本信息
Switch(config-if)# ip rip receive version 1 2	设置接口接收的 RIP 版本信息
Switch(config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-20	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip rip send version 1 2	设置接口发送的 RIP 版本信息
Switch(config-if)# ip rip receive version 1 2	设置接口接收的 RIP 版本信息

iii. 命令验证

- Switch A的配置结果显示如下：

```
Switch# show running-config
interface eth-0-9
 no switchport
 ip address 10.10.11.10/24
!
router rip
 network 10.10.11.0/24
```

- Switch B的配置结果显示如下：

```
Switch# show ip rip database
Codes: R - RIP, Rc - RIP connected, Rs - RIP static, K - Kernel,
    C - Connected, S - Static, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
  Network        Next Hop      Metric From        If     Time
R  10.0.0.0/8                    1           eth-0-9
Rc 10.10.11.0/24                   1           eth-0-9
Rc 10.10.12.0/24                   1           eth-0-20
Switch# show ip protocols rip
Routing protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-5 seconds, next due in 1
seconds
  Timeout after 180 seconds, Garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
  Default version control: send version 2, receive version 2
   Interface      Send      Recv  Key-chain
   eth-0-9        1 2       1 2
```

```
    eth-0-20       1 2         1 2
  Routing for Networks:
    10.10.11.0/24
    10.10.12.0/24
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance  Last Update  Bad Packets  Bad Routes
    10.10.11.10          120  00:00:22           0         0
    10.10.12.50          120  00:00:27           0         0
  Number of routes (including connected): 3
  Distance: (default is 120)
Switch# show ip rip inter
eth-0-9 is up, line protocol is up
  Routing Protocol: RIP
    Receive RIPv1 and RIPv2 packets
    Send RIPv1 and RIPv2 packets
    Passive interface: Disabled
    Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
    IP interface address:
      10.10.11.50/24
```

```
eth-0-20 is up, line protocol is up
  Routing Protocol: RIP
    Receive RIPv1 and RIPv2 packets
    Send RIPv1 and RIPv2 packets
    Passive interface: Disabled
    Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
    IP interface address:
      10.10.12.10/24
Switch# show run
interface eth-0-9
 no switchport
 ip address 10.10.11.50/24
 ip rip send version 1 2
 ip rip receive version 1 2
!
interface eth-0-20
 no switchport
 ip address 10.10.12.10/24
 ip rip send version 1 2
```

```
 ip rip receive version 1 2
!
router rip
 network 10.10.11.0/24
 network 10.10.12.0/24
```

- Switch C的配置结果显示如下：

```
Switch# show running-config
interface eth-0-20
 no switchport
 ip address 10.10.12.50/24
!
router rip
 network 10.10.12.0/24
```

6.2.9.3 配置 Metric 参数示例

i. 介绍

附加度量值是附加在 RIP 路由上的输入、输出度量值，包括发送附加度量值和接收附加度量值。发送附加度量值不会改变路由表中的路由度量值，仅当接口发送 RIP 路由信息时才会添加到发送路由上；接收附加度量值会影响接收到的路由度量值，接口接收到一条合法的 RIP 路由时，在将其加入路由表前会把度量值附加到该路由上。附加度量值一般包括如下的参数：

- 指定增加路由 Metric 的 ACL 参数说明如下：

– **In**：应用在从邻居路由器学习到的 RIP 的路由上

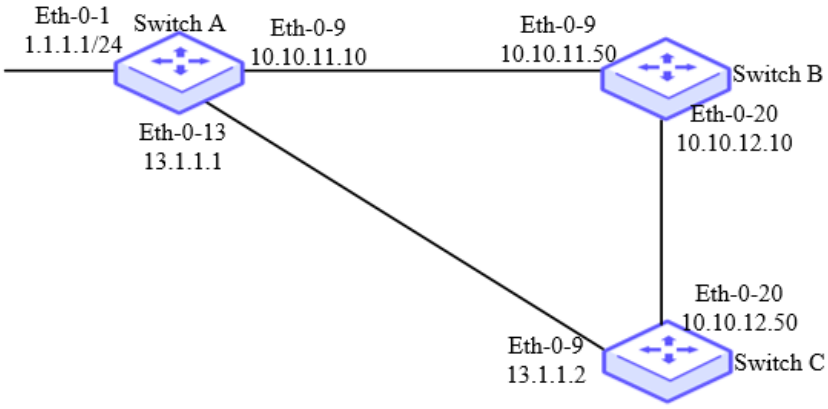
- Out：应用在发布给邻居路由器 RIP 通告上

- 匹配 ACL 路由的偏移值 Metric
- 应用偏移列表的接口

如果有一个路由匹配全局偏移表（不指定接口）和一个基于接口的偏移列表，此时基于接口的偏移列表优先。在这种情况下，基于接口的偏移列表的度量值会被加到路由上。

ii. 拓扑

图 6-4 配置Metric参数拓扑图



iii. 配置文件

Switch A：

```
interface eth-0-1
no switchport
ip address 1.1.1.1/24
!
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.10/24
```

```
!
interface eth-0-13
no switchport
ip address 13.1.1.1/24
!
router rip
network 1.1.1.0/24
network 10.10.11.0/24
network 13.1.1.0/24
```

Switch B：

```
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.50/24
!
interface eth-0-20
no switchport
ip address 10.10.12.10/24
!
router rip
network 10.10.11.0/24
network 10.10.12.0/24
```

Switch C：

```
interface eth-0-13
no switchport
ip address 13.1.1.2/24
```

```
!
interface eth-0-20
no switchport
ip address 10.10.12.50/24
!
router rip
network 10.10.12.0/24
network 13.1.1.0/24
```

iv. 配置示例

查看 Switch C 的 RIP 路由表：

```
Switch# show ip route rip
R     1.1.1.0/24 [120/2] via 13.1.1.1, eth-0-13, 00:07:46
R     10.10.11.0/24 [120/2] via 13.1.1.1, eth-0-13, 00:07:39
            [120/2] via 10.10.12.10, eth-0-20, 00:07:39
Change router 1.1.1.0/24 via 10.10.12.10
```

例：在 Switch A 上将 1.1.1.0 在 Eth-0-13 接口上增加 metric 3：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#ip access-list ripoffset	创建 ACL
Switch(config-ip-acl)#permit any 1.1.1.0 0.0.0.255 any	匹配相应的网段
Switch(config-ip-acl)# router rip	启用 RIP 路由协议

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# offset-list ripoffset out 3 eth-0-13	设置偏移列表的 Metric 值

v. 命令验证

Switch C 的配置结果如下：

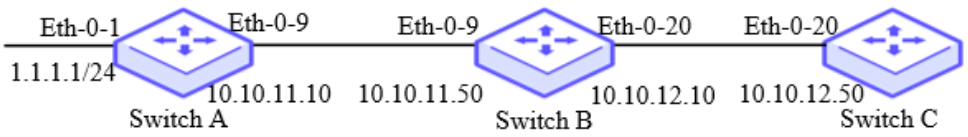
```
Switch# show ip route rip

  R    1.1.1.0/24 [120/3] via 10.10.12.10, eth-0-20, 00:00:02
  R    10.10.11.0/24 [120/2] via 13.1.1.1, eth-0-13, 00:11:40
                [120/2] via 10.10.12.10, eth-0-20, 00:11:40
```

6.2.9.4 配置管理距离示例

i. 拓扑

图 6-5 配置管理距离示例



ii. 配置文件

Switch A：

```
interface eth-0-1
no switchport
ip address 1.1.1.1/24
!
```

```
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.10/24
!
router ospf
network 1.1.1.0/24 area 0
network 10.10.11.0/24 area 0
!
router rip
network 1.1.1.0/24
network 10.10.11.0/24
```

Switch B:

```
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.50/24
!
interface eth-0-20
no switchport
ip address 10.10.12.10/24
!
router ospf
network 10.10.11.0/24 area 0
network 10.10.12.0/24 area 0
!
router rip
network 10.10.11.0/24
```

```
network 10.10.12.0/24
```

Switch C：

```
interface eth-0-20
no switchport
ip address 10.10.12.50/24
!
router ospf
network 10.10.12.0/24 area 0
!
router rip
network 10.10.12.0/24
```

iii. 配置示例

查看 Switch C 的 RIP 路由表：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
O    1.1.1.0/24 [110/3] via 10.10.12.10, eth-0-20, 01:05:49
O    10.10.11.0/24 [110/2] via 10.10.12.10, eth-0-20, 01:05:49
C    10.10.12.0/24 is directly connected, eth-0-20
C    10.10.12.50/32 is in local loopback, eth-0-20
```

通过以下步骤改变交换机 C 上的 1.1.1.0 网段的 RIP 管理距离：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入配置模式
Switch(config)#ip access-list ripdistancelist	创建 ACL
Switch(config-ip-acl)#permit any 1.1.1.0 0.0.0.255 any	匹配相应的网段
Switch(config-ip-acl)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)# distance 100 0.0.0.0/0 ripdistancelist	设置 RIP 路由的管理距离为 100（0.0.0.0/0 是源 IP 前缀，所有匹配这个网段的路由的管理距离将被设为 100）

iv. 命令验证

Switch C 的配置结果如下：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
R     1.1.1.0/24 [100/3] via 10.10.12.10, eth-0-20, 00:00:02
```

```
O    10.10.11.0/24 [110/2] via 10.10.12.10, eth-0-20, 01:10:42
C    10.10.12.0/24 is directly connected, eth-0-20
C    10.10.12.50/32 is in local loopback, eth-0-20
```

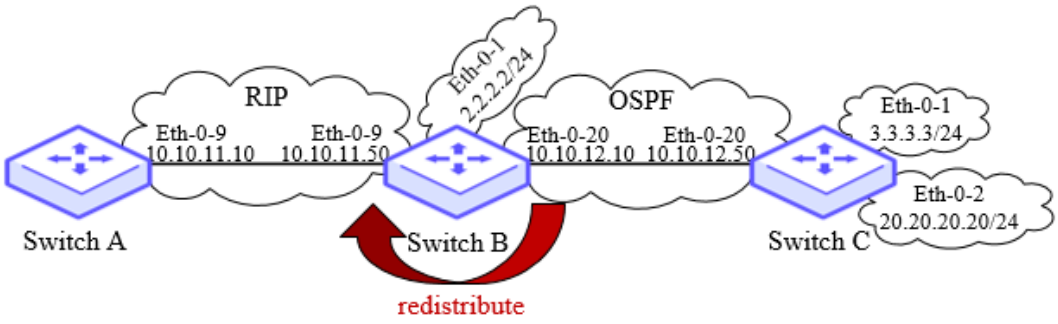
6.2.9.5 配置路由重分布示例

i. 介绍

用户可以将静态路由、直连路由以及其他路由协议，例如 OSPF 的路由，重分布到 RIP 中并发送给它的邻居。默认 RIP 重发布的 Metric 为 1，最大值为 16。将特定的路由重发布到 RIP 上，其度量值可以是默认的，也可以是修改后的。下面例子讲述如何重分布其他的路由信息到 RIP。

ii. 拓扑

图 6-6 配置重分布拓扑图



iii. 配置文件

Switch A:

```
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.10/24
!
```

```
router rip
network 10.10.11.0/24
```

Switch B:

```
interface eth-0-1
no switchport
ip address 2.2.2.2/24
!
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.50/24
!
interface eth-0-20
no switchport
ip address 10.10.12.10/24
!
router ospf
network 10.10.12.0/24 area 0
!
router rip
network 10.10.11.0/24
!
ip route 20.20.20.0/24 10.10.12.50
```

Switch C:

```
interface eth-0-1
no switchport
```

```
ip address 3.3.3.3/24
!
interface eth-0-2
no switchport
ip address 20.20.20.20/24
!
interface eth-0-20
no switchport
ip address 10.10.12.50/24
!
router ospf
network 3.3.3.0/24 area 0
network 10.10.12.0/24 area 0
```

iv. 配置示例

显示 Switch A 的路由表信息：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
C    10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C    10.10.11.10/32 is in local loopback, eth-0-9
```

显示 Switch B 的路由表信息：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
C    2.2.2.0/24 is directly connected, eth-0-1
C    2.2.2.02/32 is in local loopback, eth-0-1
O    3.3.3.0/24 [110/2] via 10.10.12.50, eth-0-20, 01:05:41
C    10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C    10.10.11.50/32 is in local loopback, eth-0-9
C    10.10.12.0/24 is directly connected, eth-0-20
C    10.10.12.10/24 is in local loopback, eth-0-20
S    20.20.20.0/24 [1/0] via 10.10.12.50, eth-0-20
```

Switch B 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)#default-metric 2	指定默认的 Metric
Switch(config-router)# redistribute static	重分布静态路由

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由
Switch(config-router)#redistribute ospf metric 5	重分布 OSPF 路由到 RIP 中
Switch(config)# router ospf	启用 OSPF 路由协议
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由

v. 命令验证

检查 Switch A 的配置结果：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
R    2.2.2.0/24 [120/3] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:02:36
R    3.3.3.0/24 [120/6] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:02:26
C    10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C    10.10.11.10/32 is in local loopback eth-0-9
R    10.10.12.0/24 [120/3] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:02:36
R    20.20.20.0/24 [120/3] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:02:41
```

6.2.9.6 配置 RIP 路由过滤列表示例

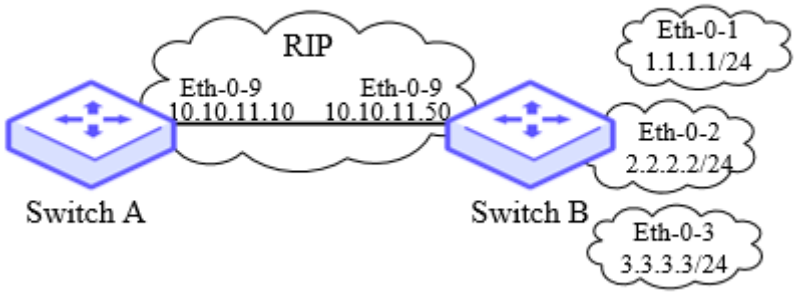
i. 介绍

路由器提供路由信息过滤功能，通过指定访问控制列表和地址前缀列表，可以配置入口或出口过滤策略，对接收或发布的路由进行过滤。一个路由过滤列表通常包括如下参数：

- 一个被用作过滤器的 ACL 或 Prefix List。
- In 方向：过滤器被应用在学习到的路由上；Out 方向：过滤器被应用在发布的路由上。
- 应用过滤器的接口（可选）。

ii. 拓扑

图 6-7 配置RIP路由过滤列表拓扑图



iii. 配置文件

Switch A：

```
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.10/24
!
```

```
router rip
network 10.10.11.0/24
```

Switch B:

```
interface eth-0-1
no switchport
ip address 1.1.1.1/24
!
interface eth-0-2
no switchport
ip address 2.2.2.2/24
!
interface eth-0-3
no switchport
ip address 3.3.3.3/24
!
interface eth-0-9
no switchport
ip address 10.10.11.50/24
!
router rip
network 1.1.1.0/24
network 2.2.2.0/24
network 3.3.3.0/24
network 10.10.11.0/24
```

iv. 配置示例

Switch A 的路由表信息如下：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
R    1.1.1.0/24 [120/2] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:01:50
R    2.2.2.0/24 [120/2] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:01:50
R    3.3.3.0/24 [120/2] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:01:50
C    10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C    10.10.11.10/32 is in local loopback, eth-0-9
```

参照如下表中的命令，配置 Switch B：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入配置模式
Switch(config)# ip prefix-list 1 deny 1.1.1.0/24 Switch(config)# ip prefix-list 1 permit any	创建地址前缀列表
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)# distribute-list prefix 1 out	过滤 RIP 发送的路由

v. 命令验证

检查 Switch A 的配置结果：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
R    2.2.2.0/24 [120/2] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:00:08
R    3.3.3.0/24 [120/2] via 10.10.11.50, eth-0-9, 00:00:08
C    10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C    10.10.11.10/32 is in local loopback, eth-0-9
```

6.2.9.7 配置 RIPv2 认证示例

RIPv2 支持两种认证方式：明文认证和 MD5 密文认证。

1. 明文认证

i. 介绍

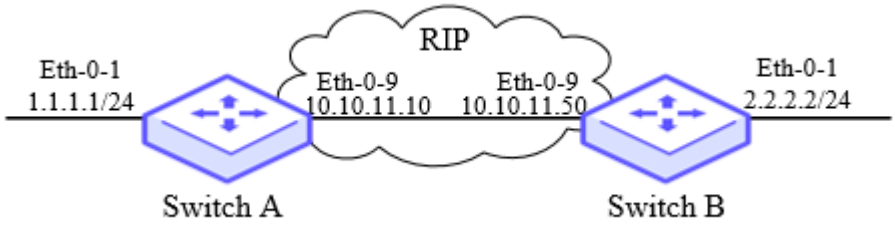
Switch A 和 B 是在运行 RIP 路由协议，如果要在交换机上配置明文认证，需要执行如下步骤：

- 指定一个接口，然后定义该接口的密码。
- 指定认证模式为明文。

任何从这个指定接口接收的 RIP 数据包应该有相同的字符串作为密码。同样的，Switch B 上也要定义相同的密码和身份验证模式。

ii. 拓扑

图 6-8 配置RIPv2明文认证拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	配置接口 eth-0-1
Switch(config-if)# ip address 1.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config-if)# interface eth-0-9	配置接口 eth-0-9
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.10/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布网段到 RIP 路由中
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由
Switch(config-router)# exit	退出路由模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ip rip authentication string Auth1	指定验证的字符串
Switch(config-if)# ip rip authentication mode text	指定认证的模式为明文认证

Switch B：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	配置接口 eth-0-1
Switch(config-if)# ip address 2.2.2.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config-if)# interface eth-0-9	配置接口 eth-0-9
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.50/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布网段到 RIP 路由中
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由
Switch(config-router)# exit	退出路由模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ip rip authentication string Auth1	指定验证的字符串
Switch(config-if)# ip rip authentication mode text	指定认证的模式为明文认证

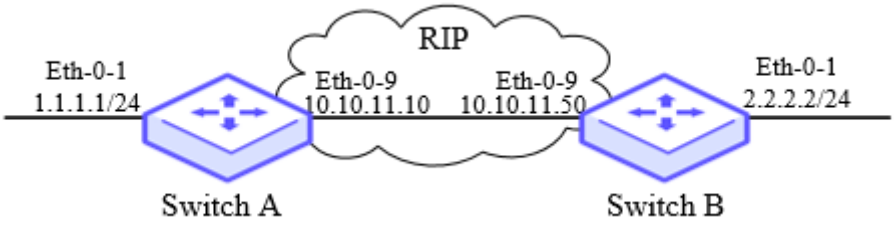
2. MD5密文认证

i. 介绍

下面的例子介绍使用 MD5 进行 RIP 路由信息交换过程中的验证。对于需要使用 MD5 认证的 Switch A和 B 来说，首先需要定义一个密钥链，然后指定 key 并且配置认证的字符串或密码，再通过指定接收或者发送的时间来定义 key 生效的时间。最后将该密钥链应用到接口上并且指定接口的认证模式为 MD5。Switch A 和 B 的密钥配置必须保持一致，才能保证 RIP 路由更新信息交换成功。在 MD5 认证中，key ID 和 key 字符串需要同时匹配。在下面的例子中，还配置了 key 生效的时间。配置成功后，每隔 5 天 key 就会更新一次。

ii. 拓扑

图 6-9 配置RIPv2 MD5密文认证拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-1	配置接口 eth-0-1
Switch(config-if)# ip address 1.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config-if)# interface eth-0-9	配置接口 eth-0-9
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.10/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布网段到 RIP 路由中
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由
Switch(config-router)# exit	退出路由模式
Switch(config)# key chain SUN	定义 KEY 密钥链
Switch(config-keychain)# key 1	创建 key id 1
Switch(config-keychain-key)# key-string key1	设置密码
Switch(config-keychain-key)# accept-lifetime 12:00:00 Mar 2 2012 14:00:00 Mar 7 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# send-lifetime 12:00:00 Mar 2 2012 12:00:00 Mar 7 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# exit	退出密钥链配置模式
Switch(config-keychain)# key 2	创建 key id 2

命令举例	操作步骤
Switch(config-keychain-key)# key-string Earth	设置密码
Switch(config-keychain-key)# accept-lifetime 12:00:00 Mar 7 2012 14:00:00 Mar 12 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# send-lifetime 12:00:00 Mar 7 2012 12:00:00 Mar 12 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# end	退出密钥链配置模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip rip authentication key-chain SUN	定义接口上用的验证名
Switch(config-if)# ip rip authentication mode md5	定义接口上的认证方式为 MD5 密文认证

Switch B：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	配置接口 eth-0-1
Switch(config-if)# ip address 2.2.2.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config-if)# interface eth-0-9	配置接口 eth-0-9

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.50/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router rip	启用 RIP 路由协议
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布网段到 RIP 路由中
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由
Switch(config-router)# exit	退出路由模式
Switch(config)# key chain SUN	定义 KEY 密钥链
Switch(config-keychain)# key 1	创建 key id 1
Switch(config-keychain-key)# key-string key1	设置密码
Switch(config-keychain-key)# accept-lifetime 12:00:00 Mar 2 2012 14:00:00 Mar 7 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# send-lifetime 12:00:00 Mar 2 2012 12:00:00 Mar 7 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# exit	退出密钥链配置模式
Switch(config-keychain)# key 2	创建 key id 2
Switch(config-keychain-key)# key-string Earth	设置密码
Switch(config-keychain-key)# accept-lifetime 12:00:00 Mar 7 2012 14:00:00 Mar 12 2012	设置应用时间范围

命令举例	操作步骤
Switch(config-keychain-key)# send-lifetime 12:00:00 Mar 7 2012 12:00:00 Mar 12 2012	设置应用时间范围
Switch(config-keychain-key)# end	退出密钥链配置模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip rip authentication key-chain SUN	定义接口上用的验证名
Switch(config-if)# ip rip authentication mode md5	定义接口上的认证方式为 MD5 密文认证

iv. 命令验证

- 检查Switch A的配置的结果：

```
Switch# show key chain
key chain SUN:
  key 1 -- text "key1"
    accept-lifetime <12:00:00 Mar 02 2012> - <14:00:00 Mar 07 2012>
    send-lifetime <12:00:00 Mar 02 2012> - < 12:00:00 Mar 07 2012>
  key 2 -- text "Earth"
    accept-lifetime <12:00:00 Mar 07 2012> - <14:00:00 Mar 12 2012>
    send-lifetime <12:00:00 Mar 07 2012> - < 12:00:00 Mar 12 2012>
Switch#
```

- 检查Switch B的配置的结果：

```
Switch# show key chain
```

```
key chain SUN:
  key 1 -- text "key1"
    accept-lifetime <12:00:00 Mar 02 2012> - <14:00:00 Mar 07 2012>
    send-lifetime <12:00:00 Mar 02 2012> - < 12:00:00 Mar 07 2012>
  key 2 -- text "Earth"
    accept-lifetime <12:00:00 Mar 07 2012> - <14:00:00 Mar 12 2012>
    send-lifetime <12:00:00 Mar 07 2012> - < 12:00:00 Mar 12 2012>
```

6.3 OSPF 配置

6.3.1 简介

RIP 协议主要应用于小型网络中，有一定的局限性，如收敛慢、故障恢复时间较长、缺乏全局性、跳数限制等问题。而 OSPF 适用于大型网络，可以有效地解决这些问题。OSPF 的定义及特性如下：

6.3.1.1 定义

开放最短路径优先协议（Open Shortest Path First，缩写：OSPF）是 IETF 组织开发的一个基于链路状态的内部网关协议，它支持 IP 子网化以及对外部路由做标记。目前使用的是版本 2（RFC2328），其特性如下：

- 适应范围：支持各种规模的网络，尤其是中大型网络，最多可支持几百台路由器。
- 快速收敛：收到链路状态信息后立即发送更新报文，使这一变化在自治系统中同步。
- 无环路：由于 OSPF 根据收集到的链路状态用最短路径树算法计算路由，从算法本身保证了无环路。
- 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化，从而减少了占用的网络带宽。

- 等价路由：支持到同一目的地址的多条等价路由。
- 路由分级：使用 4 类不同的路由，按优先顺序来说分别是：区域内路由、区域间路由、第一类外部路由、第二类外部路由。
- 支持验证：支持基于接口的报文验证以保证路由计算的安全性。
- 组播发送：协议报文支持以组播形式发送。

6.3.1.2 特性

当前的系统支持如下 OSPF 特性：

- 支持末梢区域：支持路由重分布，这包括将其他路由协议学到的路由导入 OSPF 或者将 OSPF 学到的路由导出到其他路由协议中。
- 支持明文和 MD5 两种认证模式：支持 OSPF 接口上的参数配置，包括输出度量值、重传时间、发送延时时间、路由器优先级、路由器 Hello 报文时间间隔以及认证密码等。
- 支持 NSSA 区域：支持指定某区域为 NSSA (Not-So-Stubby Area) 区域。

OSPF 需要多个路由器协同工作，包括区域边界路由器(ABR)，自治系统边界路由器(ASBR)，内部路由器等。最简单的 OSPF 配置只需要使用默认的参数，并且将所有的 OSPF 接口加入同一个区域即可。

6.3.2 配置 OSPF 的基本功能

6.3.2.1 创建 OSPF 进程

用户可以在一台路由器上创建多个 OSPF 进程，如果没有指定进程编号，则创建默认的 0 号进程。

表 6-27 创建 OSPF 进程

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router ospf 109	创建 OSPF 进程并进入 OSPF 配置模式	如果未指定 OSPF 进程号，则进入 0 号进程。使用关键字 **no** 关闭 OSPF 进程时，如果没有指定进程编号，则关闭 OSPF 的 0 号进程;否则只关闭指定的 OSPF 进程。缺省情况下，未创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# end	退出 OSPF 配置模式	-

6.3.2.2 创建 OSPF 区域

表 6-28 创建 OSPF 区域

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip address 10.108.20.1/24	配置 IP 地址	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# router ospf 109	创建 OSPF 进程并进入	如果未指定 OSPF 进程

命令举例	操作	说明
	OSPF 配置模式	号，则进入 0 号进程。使用关键字 **no** 关闭 OSPF 进程时，如果没有指定进程编号，则关闭 OSPF 的 0 号进程;否则只关闭指定的 OSPF 进程。缺省情况下，未创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# network 10.108.20.0/24 area 10.9.50.0	将接口加入指定的OSPF区域：10.9.50.0 和 2	area-id: 区域 ID，可以用十进制或 IP 地址表示
Switch(config-router)# network 10.108.0.0/16 area 2		

6.3.2.3 创建路由器 ID

路由器 ID (Router-id) 参数是 OSPF 协议中一个很重要的参数。在 OSPF 协议中，路由器 ID 号是一个 32 比特无符号整数，是一台路由器在 OSPF 自治系统中的唯一标识。用户可以自行指定路由器 ID 号。如果用户没有指定路由器 ID 号，则路由器会自动从已配置的接口的 IP 地址中选一个作为本机的 ID 号。

在选择路由器 ID 时，环回接口上的 IP 地址优于普通接口上的 IP 地址；若都是普通接口，则选择接口的最大 IP 地址作为路由器 ID。若路由器的所有接口上都未配置 IP 地址，则必须在 OSPF 模式下配置路由器 ID 号，否则 OSPF 将无法运行。在手工设置路由器 ID 号时，必须保证自治系统中任意两台路由器 ID 号都不相同。为此，不妨选择某个接口的 IP 地址作为本机 ID 号。若在已经有邻居的路由器上用此命令更改了路由器 ID，则该 ID 必须重新启用 OSPF 协议才能生效。

表 6-29 创建路由器 ID

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router ospf 109	创建 OSPF 进程并进入 OSPF 配置模式	如果未指定 OSPF 进程号，则进入 0 号进程。使用关键字 **no** 关闭 OSPF 进程时，如果没有指定进程编号，则关闭 OSPF 的 0 号进程；否则只关闭指定的 OSPF 进程。缺省情况下，未创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# router-id 10.1.1.1	配置 OSPF 的路由器 ID	-

6.3.3 配置 OSPF 邻居或邻接参数

6.3.3.1 配置 LSA 报文交换的重传时间

当一个路由器发送 LSA 报文到它的邻居时，它会缓存该报文直到收到邻居的确认报文。如果在重传时间间隔内没有收到确认报文，该 LSA 将被重传。设置该值必须要谨慎，以免引起不必要的重传。通常，这个值要大于两个路由器之间的报文往返延迟的值。

表 6-30 配置 LSA 报文交换的重传时间

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip ospf retransmit-interval 8	配置接口的 LSA 报文交换时的重传时间	重传时间间隔的取值范围为 1~65535，单位：秒；缺省情况下，重传时间间隔为 5 秒

6.3.3.2 配置 MTU 字段检测

OSPF 检查邻居是否使用相同的 MTU 值。这个检查发生在互相交换数据库描述报文时，如果在接收到的 DD 报文里的 MTU 高于入接口上配置的 MTU，OSPF 邻接将无法建立。

表 6-31 配置 MTU 字段检测

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# no ip ospf mtu-ignore	配置在端口上接收到 DD 报文时，对 MTU 值进行检测	缺省情况下，默认接口启用 MTU 的匹配功能

6.3.4 配置接口的网络类型

缺省情况下，接口的网络类型根据物理接口而定。以太网接口的网络类型为 Broadcast，串口

的网络类型为 P2P，ATM 接口的网络类型为 NBMA。如果在广播网络上有不支持组播地址的路由器，可以将接口的网络类型改为 NBMA；也可以将接口的网络类型由 NBMA 改为广播。这样，就不必再配置邻居路由器。

一个 NBMA 类型的网络可以改为广播类型的条件是：任意两台路由器之间都有一条虚电路直接可达，或者说，这个网络是全连通的。如果网络不满足这个条件，必须将接口的网络类型改为点到多点。这样，两台不能直接可达的路由器之间可以通过一台与两者都直接可达的路由器来交换路由信息。接口的网络类型改为点到多点后，就不必再配置邻居路由器。如果同一网段内只有两台路由器运行 OSPF 协议，也可以将接口的网络类型改为点到点。下表以配置 OSPF 的 NBMA 网络为例。

表 6-32 配置接口的网络类型

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip address 192.168.77.17/24	配置 IP 地址	-
Switch(config-if)# ip ospf network non-broadcast	配置 OSPF 的 NBMA 网络	可以配置的网络类型有：broadcast 、non-broadcast 、point-to-multipoint 、point-to-point

6.3.5 配置 OSPF 的 Stub 区域

有两种 Stub 区域的路由配置命令：**stub** 和 **default-cost** 命令。更多关于 OSPF 的区域参数配置可参考 6.3.8.3。

表 6-33 配置步骤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式	-
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口	-
Switch(config-if)# ip address 10.56.0.201/16	配置 IP 地址	-
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式	-
Switch(config)# router ospf 201	创建 OSPF 进程并进入 OSPF 配置模式	如果未指定 OSPF 进程号，则进入 0 号进程。使用关键字 **no** 关闭 OSPF 进程时，如果没有指定进程编号，则关闭 OSPF 的 0 号进程;否则只关闭指定的 OSPF 进程。缺省情况下，未创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# network 10.0.0.0/8 area 10.0.0.0	将接口加入指定的OSPF区域	area-id: 区域 ID，可以用十进制或 IP 地址表示
Switch(config-router)# area	设置指定区域为 Stub（存	缺省情况下，没有区域被

命令举例	操作	说明
10.0.0.0 stub	根）区域	设置为 Stub（存根）区域；stub区域的所有路由器都必须用 **area stub** 进行设置
Switch(config-router)# area 10.0.0.0 default-cost 20	配置 Stub 区域的 Cost 值	开销值的取值范围为 0~16777214；默认值为 1

说明

常用的 LSA 类型有 6 种：1 类 (Router-Lsa)、2 类 (Network Lsa)、3 类 (Summary Lsa)、4 类 (ASBR-Summary- LSA)、5 类 (AS-External- LSA)以及 7 类 (NSSA- LSA)。配置 Stub 区域后只学习类型为 1 类 (Router-Lsa)、2 类(Network Lsa)和 3 类(Summary Lsa)的 LSA。

6.3.6 配置 OSPF 的 NSSA 区域

NSSA 区域能够将自治域外部路由引入并传播到整个 OSPF 自治域中，同时又不会学习来自 OSPF 网络其它区域的外部路由。可配置的关键字有路由器选举（candidate、never、always）、不分发 external-LSA 到 NSSA（no-redistribution）、度量值（metric-value）、度量值类型（type-value）以及配置 NSSA 区域为完全存根区域（no-summary）。下表以配置 no-redistribution 为例。

表 6-34 创建 OSPF 的 NSSA 区域

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router ospf 109	创建 OSPF 进程并进入 OSPF 配置模式	如果未指定 OSPF 进程号，则进入 0 号进程。使用关键字 **no** 关闭 OSPF 进程时，如果没有指定进程编号，则关闭 OSPF 的 0 号进程；否则只关闭指定的 OSPF 进程。缺省情况下，未创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# area 10.0.0.0 nssa no-redistribution	配置不分发 external-LSA 到 NSSA	缺省情况下，没有区域被设置为 NSSA 区域。NSSA 区域的所有路由器都必须用 **area nssa** 进行设置

说明

1. candidate 表示如果路由器被选举为translator，可以转换7类 (NSSA- LSA) 为5类 (AS-External- LSA)；
2. never 表示路由器永不进行7类 (NSSA- LSA) 到5类 (AS-External- LSA) 的转换；
3. always 表示路由器总是进行7类 (NSSA- LSA) 到5类 (AS-External- LSA) 的转换。缺省情况下为 candidate。

6.3.7 OSPF 显示与维护

用户可以通过命令查看具体的统计数据，如 IP 路由表的内容、缓存和数据库。

表 6-35 OSPF 显示与维护

命令	操作	说明
show ip ospf [*process-id*]	显示 OSPF 进程信息	process-id: OSPF 进程号 link-state-id: 链路状态 IP（点分十进制） ip-address: 宣告路由器的 IP 地址
show ip ospf *process-id* **database router** *link-state-id* **adv-router** *ip-address* **show ip ospf** *process-id* **database network self-originate** **show ip ospf** *process-id* **database summary** **show ip ospf** *process-id* **database asbr-summary** **show ip ospf** *process-id* **database external**	显示 OSPF 链路状态信息库	
show ip ospf border-routes	显示边界路由器的 OSPF 信息	-
show ip ospf interface *if-name*	显示 OSPF 接口信息	if-name: 接口名称

命令	操作	说明
show ip ospf neighbor *neighbor-id*	显示 OSPF 邻居信息	neighbor-id: 邻居 ID（点分十进制）

6.3.8 配置举例

6.3.8.1 配置接口启用 OSPF 示例

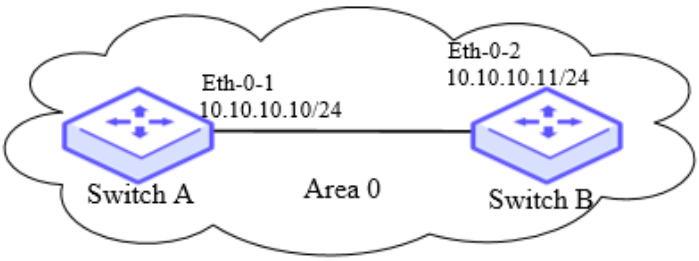
下面的例子描述了一个接口上启用 OSPF 所需的最低配置。

说明

一个接口只属于一个区域，不同的接口可以属于不同的区域。

i. 拓扑

图 6-10 配置接口启用 OSPF 拓扑图



ii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.10/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.11/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 200	创建 OSPF 进程号 200
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

iii. 命令验证

- 检查Switch A的配置结果：

```
Switch# show ip ospf database
```

```
        OSPF Router with ID (10.10.10.10) (Process ID 100)
          Router Link States (Area 0)
Link ID      ADV Router     Age  Seq#      CkSum  Link count
10.10.10.10    10.10.10.10    51 0x80000002 0xd012       1
Switch# show running-config router ospf
Building configuration...
!
router ospf 100
 network 10.10.10.0/24 area 0
!
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
Switch# show ip ospf database
        OSPF Router with ID (10.10.10.10) (Process ID 200)
          Router Link States (Area 0)
Link ID      ADV Router     Age  Seq#      CkSum  Link count
10.10.10.10    10.10.10.10    267 0x80000002 0xd012 1
Switch# show running-config router ospf
Building configuration...
!
router ospf 200
 network 10.10.10.0/24 area 0
!
```

6.3.8.2 配置 OSPF 优先级示例

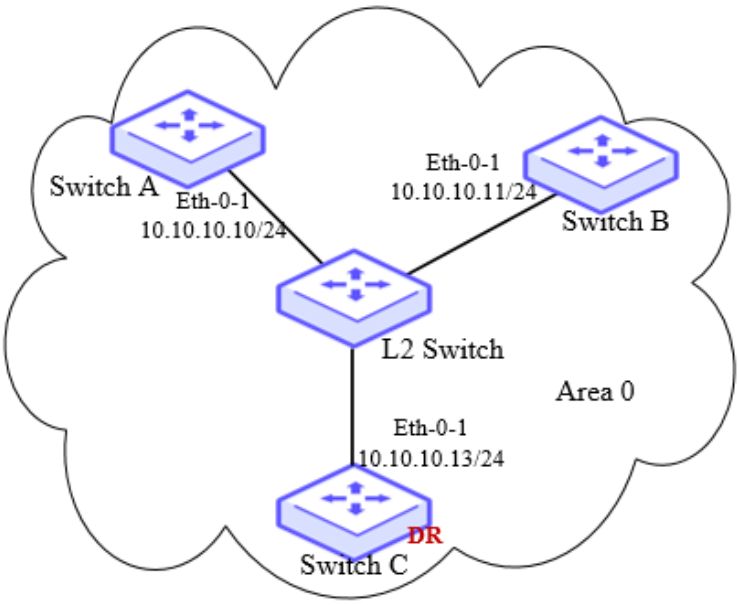
i. 介绍

本小节主要介绍接口优先级的配置，优先级高的成为 DR。优先级为 0 的不参与 DR 选举。

Switch C 的优先级是 10，这比 Switch A 和 Switch B 的默认优先级 1 要高，因此 Switch C 将成为这个网络内的 DR。

ii. 拓扑

图 6-11 配置OSPF优先级拓扑图



iii. 配置方法

Switch C:

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip ospf priority 10	设置接口优先级
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ospf 200	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

iv. 命令验证

检查 Switch C 的配置结果:

```
Switch# show ip ospf neighbor
OSPF process 0:
Neighbor ID    Pri   State          Dead Time   Address       Interface
10.10.10.10      1   Full/DROther   00:00:32    10.10.10.10   eth-0-1
```

```
10.10.10.11      1   Full/BDR        00:00:31    10.10.10.11    eth-0-1
Switch# show ip ospf interface
eth-0-10 is up, line protocol is up
 Internet Address 10.10.10.13/24, Area 0, MTU 1500
 Process ID 0, Router ID 10.10.10.13, Network Type BROADCAST, Cost: 1
 Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 10, TE Metric 1
 Designated Router (ID) 10.10.10.13, Interface Address 10.10.10.13
 Backup Designated Router (ID) 10.10.10.11, Interface Address 10.10.10.11
 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 00:00:07
 Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
 Crypt Sequence Number is 1301567281
 Hello received 188 sent 110, DD received 34 sent 23
 LS-Req received 8 sent 6, LS-Upd received 28 sent 26
 LS-Ack received 32 sent 15, Discarded 0
```

6.3.8.3 配置 OSPF 区域参数示例

i. 介绍

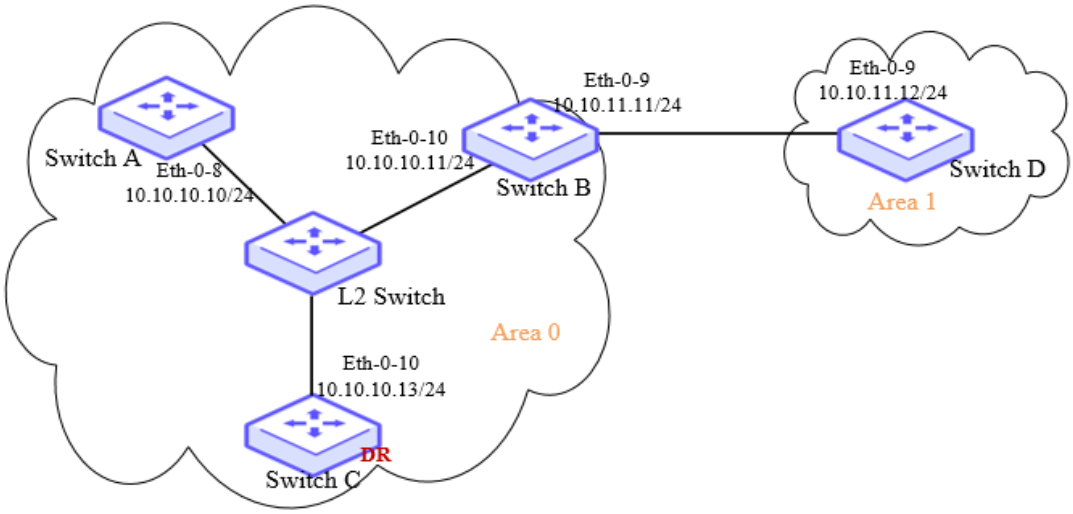
用户可以选择性地配置多个 OSPF 区域参数。这些参数包括用于防止访问未经授权的区域的认证密码，以及将区域配置为末梢区域 (Stub)。Stub 区域是一些特定的区域，Stub 区域的 ABR 不传播它们接收到的自治系统外部路由，在这些区域中路由器的路由表规模以及路由信息传递的数量都会大大减少。为保证到自治系统外的路由依旧可达，该区域的 ABR 将生成一条缺省路由，并发布给 Stub 区域中的其他非 ABR 路由器。

路由聚合是指 ABR 或 ASBR 将具有相同前缀的路由信息聚合，只发布一条路由到其它区域。AS 被划分成不同的区域后，区域间可以通过路由聚合来减少路由信息，减小路由表的规模，提高路由器的运算速度。如果网络号是连续的，用户可以使用 **area range** 命令将这些连续

的网段聚合成一个网段。这样ABR只发送一条聚合后的LSA，所有属于本命令指定的聚合网段范围的LSA将不再会被单独发送出去，这样可减少其它区域中LSDB的规模。

ii. 拓扑

图 6-12 配置OSPF区域拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-8	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.10.10/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-10	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.10.11/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.11.11/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24 area 1	发布 10.10.11.0/24 网段至 OSPF 区域 1

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# area 0 range 10.10.10.0/24	指定一段 IP 网段发布至 OSPF 区域 0
Switch(config-router)# area 1 stub no-summary	将区域 1 设置为 Stub 区域
Switch(config-router)# end	退出 OSPF 配置模式

Switch C：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-10	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.10.13/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip ospf priority 10	设置 OSPF 接口优先级
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch D：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.11.12/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 200	创建 OSPF 进程号 200
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24 area 1	发布 10.10.11.0/24 网段至 OSPF 区域 1
Switch(config-router)# area 1 stub no-summary	将区域 1 设置为 Stub 区域

iv. 命令验证

- Switch A的配置结果如下:

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
C     10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-8
C     10.10.10.10/32 is in local loopback, eth-0-8
O IA   10.10.11.0/24 [110/2] via 10.10.10.11, eth-0-8, 00:14:46
```

- Switch B的配置结果如下：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
C     10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-10
C     10.10.10.11/32 is in local loopback, eth-0-10
C     10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C     10.10.11.11/32 is in local loopback, eth-0-9
```

- Switch C的配置结果如下：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
C     10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-10
C     10.10.10.13/32 is in local loopback, eth-0-10
O IA   10.10.11.0/24 [110/2] via 10.10.10.11, eth-0-10, 00:20:35
```

- Switch D的配置结果如下：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
Gateway of last resort is 10.10.11.11 to network 0.0.0.0
O*IA   0.0.0.0/0 [110/2] via 10.10.11.11, eth-0-9, 00:12:46
C      10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C      10.10.11.12/32 is in local loopback, eth-0-9
```

6.3.8.4 配置 OSPF 路由重分布示例

i. 介绍

区域内和区域间路由描述的是 AS 内部的网络结构，外部路由则描述了应该如何选择到 AS 以外目的地址的路由。OSPF 将引入的 AS 外部路由分为两类：Type1 和 Type2。

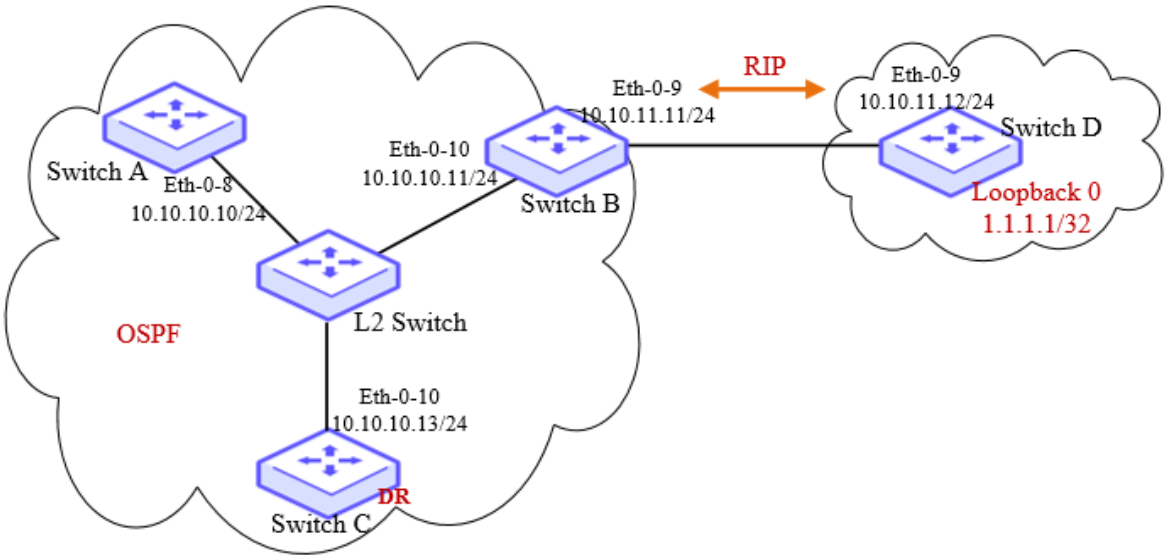
第一类外部路由是指接收的是 IGP（Interior Gateway Protocol，内部网关协议）路由（例如静态路由和 RIP 路由）。由于这类路由的可信程度较高，并且和 OSPF 自身路由的开销具有可比性，所以到第一类外部路由的开销等于本路由器到相应的 ASBR 的开销与 ASBR 到该路由目的地址的开销之和。

第二类外部路由是指接收的是 EGP（Exterior Gateway Protocol，外部网关协议）路由。由于这类路由的可信度比较低，所以 OSPF 协议认为从 ASBR 到自治系统之外的开销远远大于在自治系统之内到达 ASBR 的开销。所以计算路由开销时将主要考虑前者，即到第二类外部

路由的开销等于 ASBR 到该路由目的地址的开销。如果计算出开销值相等的两条路由，再考虑本路由器到相应的 ASBR 的开销。下面例子介绍 RIP 路由将作为外部路由被重分布到 OSPF 网络中。

ii. 拓扑

图 6-13 OSPF 路由重分布拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-8	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.10.10/24	设置端口的 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-10	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.10.11/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.11.11/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由
Switch(config-router)#redistribute rip	重分布 RIP 路由
Switch(config-router)# exit	返回至全局配置模式
Switch(config)# router rip	创建 RIP 路由
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布网段至 RIP 路由
Switch(config-router)#redistribute connected	重分布直连路由

Switch C:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-10	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.10.13/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip ospf priority 10	设置 OSPF 接口优先级

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch D:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 10.10.11.12/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router rip	创建 RIP 路由
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24	发布网段到 RIP 路由中
Switch(config-router)# network 1.1.1.1/32	发布网段到 RIP 路由中
Switch(config-router)#redistribute connected	重分布直连路由

iv. 命令验证

- 检查Switch A的配置结果：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
O E2   1.1.1.1/32 [110/20] via 10.10.10.11, eth-0-8, 00:21:00
C      10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-8
C      10.10.10.10/32 is in local loopback, eth-0-8
O E2   10.10.11.0/24 [110/20] via 10.10.10.11, eth-0-8, 00:13:25
Switch# show ip ospf database external
        OSPF Router with ID (10.10.10.10) (Process ID 100)
          AS External Link States
 LS age: 1447
 Options: 0x2 (*|-|-|-|-|-|E|-)
 LS Type: AS-external-LSA
 Link State ID: 1.1.1.1 (External Network Number)
 Advertising Router: 10.10.11.11
 LS Seq Number: 80000002
 Checksum: 0x414e
 Length: 36
 Network Mask: /32
```

```
        Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
        TOS: 0
        Metric: 20
        Forward Address: 0.0.0.0
        External Route Tag: 0
    LS age: 993
    Options: 0x2 (*|-|-|-|-|-|E|-)
    LS Type: AS-external-LSA
    Link State ID: 10.10.11.0 (External Network Number)
    Advertising Router: 10.10.11.11
    LS Seq Number: 80000001
    Checksum: 0xfc78
    Length: 36
    Network Mask: /24
        Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
        TOS: 0
        Metric: 20
        Forward Address: 0.0.0.0
        External Route Tag: 0
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
```

```
        [*] - [AD/Metric]
        * - candidate default
R       1.1.1.1/32 [120/2] via 10.10.11.12, eth-0-9, 00:24:52
C       10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-10
C       10.10.10.11/32 is in local loopback, eth-0-10
C       10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
C       10.10.11.11/32 is in local loopback, eth-0-9
```

- 检查Switch C的配置结果：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
    [*] - [AD/Metric]
    * - candidate default
O E2    1.1.1.1/32 [110/20] via 10.10.10.11, eth-0-10, 00:22:38
C       10.10.10.0/24 is directly connected, eth-0-10
C       10.10.10.13/32 is in local loopback, eth-0-10
O E2    10.10.11.0/24 [110/20] via 10.10.10.11, eth-0-10, 00:15:04
```

- 检查Switch D的配置结果：

```
Switch# show ip route
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
```

```
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        [*] - [AD/Metric]
        * - candidate default
    C   1.1.1.1/32 is directly connected, loopback0
    R   10.10.10.0/24 [120/2] via 10.10.11.11, eth-0-9, 00:17:36
    C   10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-9
    C   10.10.11.12/32 is in local loopback, eth-0-9
```

6.3.8.5 配置 OSPF 开销值示例

i. 介绍

用户可以通过修改接口的 COST 值来使路由成为最优路由。在下面的例子中，通过修改 COST 值可以使 Switch B 成为 Switch D 去往 Switch A 的下一跳。

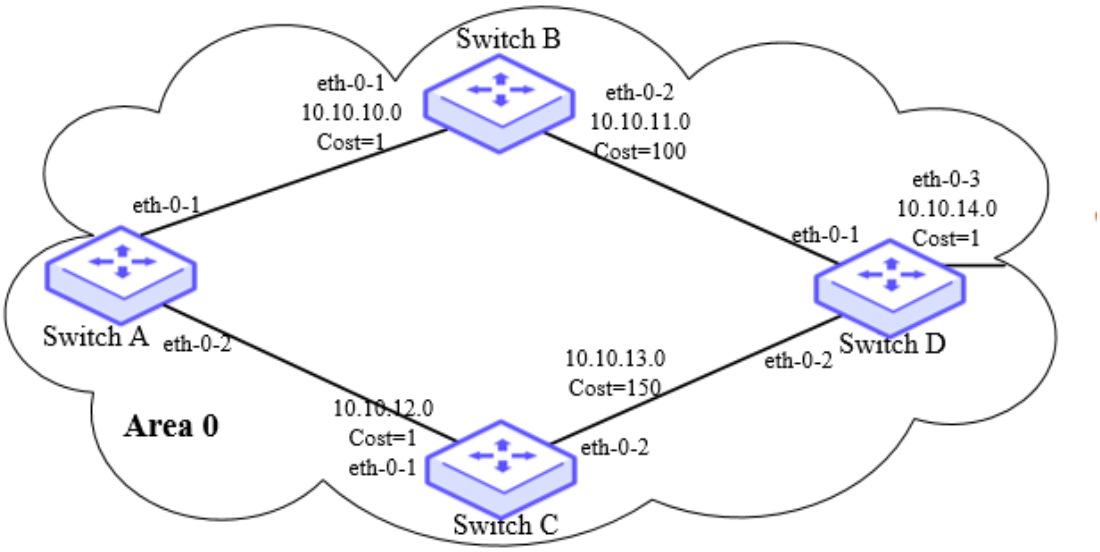
默认接口的 COST 值是 1 (1000M speed)。如图所示，Switch B 的 Eth-0-2 优先级为 100，Switch C 的 Eth-0-2 优先级为 150，那么到达 Switch D 的网络 10.10.14.0 的 COST 值将不一样：

Switch B: 1+1+100 = 102

Switch C: 1+1+150 = 152

ii. 拓扑

图 6-14 配置OSPF开销值拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.1/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.12.1/24	设置端口的 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0 Switch(config-router)# network 10.10.12.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24, 10.10.12.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.2/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.2/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip ospf cost 100	设置 OSPF 的接口的 COST

命令举例	操作步骤
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.10.0/24 area 0 Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24 area 0	发布 10.10.10.0/24、10.10.11.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch C:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.12.2/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.13.2/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip ospf cost 150	设置 OSPF 的接口的 COST
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.12.0/24 area 0 Switch(config-router)# network 10.10.13.0/24 area 0	发布 10.10.12.0/24、10.10.13.0/24 网段至 OSPF 区域 0

Switch D:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.11.1/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.13.1/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.14.1/24	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf 100	创建 OSPF 进程号 100
Switch(config-router)# network 10.10.11.0/24 area 0 Switch(config-router)# network 10.10.13.0/24 area 0 Switch(config-router)# network 10.10.14.0/24 area 0	发布 10.10.11.0/24，10.10.13.0/24、10.10.14.0/24 网段至 OSPF 区域 0

iv. 命令验证

- 检查Switch A的配置结果:

```
Switch# show ip ospf route
OSPF process 0:
Codes: C - connected, D - Discard, O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
C  10.10.10.0/24 [1] is directly connected, eth-0-1, Area 0
O  10.10.11.0/24 [101] via 10.10.10.2, eth-0-1, Area 0
C  10.10.12.0/24 [1] is directly connected, eth-0-2, Area 0
O  10.10.13.0/24 [102] via 10.10.10.2, eth-0-1, Area 0
```

```
O  10.10.14.0/24 [102] via 10.10.10.2, eth-0-1, Area 0
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
Switch# show ip ospf route
OSPF process 100:
Codes: C - connected, D - Discard, O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
C  10.10.10.0/24 [10] is directly connected, eth-0-1, Area 0
C  10.10.11.0/24 [100] is directly connected, eth-0-2, Area 0
O  10.10.12.0/24 [11] via 10.10.10.1, eth-0-1, Area 0
O  10.10.13.0/24 [101] via 10.10.11.1, eth-0-2, Area 0
O  10.10.14.0/24 [101] via 10.10.11.1, eth-0-2, Area 0
```

- 检查Switch C的配置结果：

```
Switch# show ip ospf route
OSPF process 100:
Codes: C - connected, D - Discard, O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
O  10.10.10.0/24 [1] via 10.10.12.1, eth-0-1, Area 0
O  10.10.11.0/24 [101] via 10.10.12.1, eth-0-1, Area 0
C  10.10.12.0/24 [1] is directly connected, eth-0-1, Area 0
O  10.10.13.0/24 [102] via 10.10.12.1, eth-0-1, Area 0
O  10.10.14.0/24 [102] via 10.10.12.1, eth-0-1, Area 0
```

- 检查Switch D的配置结果：

```
Switch# show ip route
```

```
Codes: K - kernel, C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
       O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       [*] - [AD/Metric]
       * - candidate default
O      10.10.10.0/24 [110/1] via 10.10.11.2, eth-0-1, 00:06:27
C      10.10.11.0/24 is directly connected, eth-0-1
O      10.10.12.0/24 [110/1] via 10.10.13.2, eth-0-2, 00:06:17
C      10.10.13.0/24 is directly connected, eth-0-2
C      10.10.14.0/24 is directly connected, eth-0-3
```

6.3.8.6 配置 OSPF 认证示例

i. 介绍

系统目前支持三种类型的 OSPF 认证：无认证（类型 0），明文认证（类型 1）和 MD5 认证（类型 2）。无认证表示网络中的路由信息交换不需要经过任何认证。明文认证表示所有的路由器上配置的认证模式和密码都必须是一样的。MD5 认证表示用户需要在每台路由器上配置相同的密钥和密钥 ID。路由器会根据密钥、密钥 ID 和 OSPF 报文内容生成消息摘要，添加加至 OSPF 报文中。

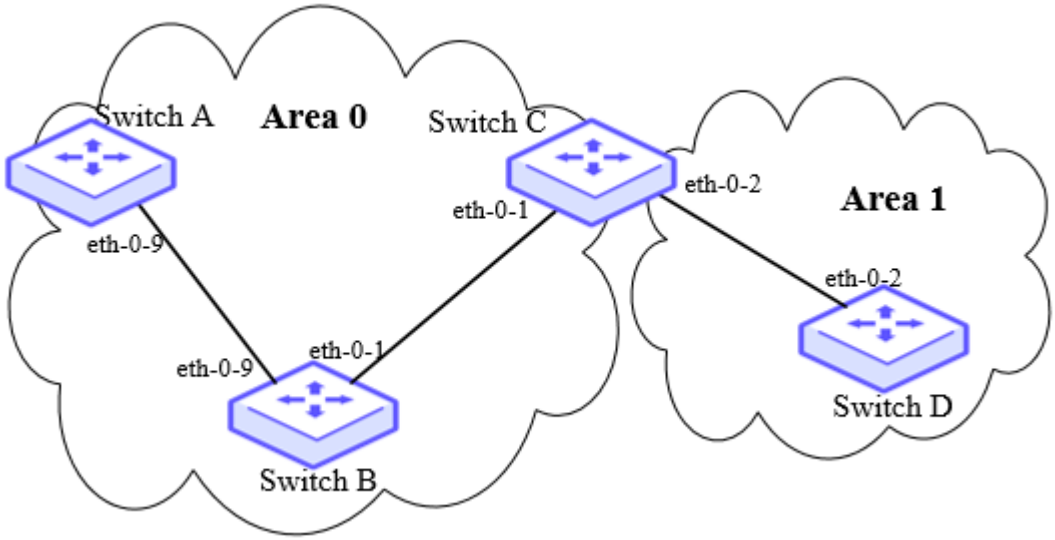
认证类型可以基于区域内配置，也可以基于接口配置，这两者可以同时使用。如果接口上配置的认证类型和区域内配置的认证类型不一样，则优先使用接口上的认证类型。如果接口上没有配置认证类型，那么就使用区域内配置的认证类型。

下面的例子简单地介绍 OSPF 的三种类型的认证。如下图所示，配置 Switch A 和 Switch B 之间不使用认证；Switch B 和 Switch C 之间使用明文认证；Switch C 和 Switch D

之间使用 MD5 认证。

ii. 拓扑

图 6-15 配置OSPF认证拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 9.9.9.1/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)#ip ospf authentication	接口上启用验证功能

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)#ip ospf authentication null	指定接口验证类型为空
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf	创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# network 9.9.9.0/24 area 0	发布网段到 OSPF 中
Switch(config-router)# end	退出路由模式

Switch B：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 9.9.9.2/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)#ip ospf authentication	接口上启用验证功能
Switch(config-if)#ip ospf authentication null	指定接口验证类型为空
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)#interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)#ip address 1.1.1.1/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)#ip ospf authentication	接口上启用明文验证功能
Switch(config-if)# ip ospf authentication-key test	指定接口认证密码
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf	创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# network 9.9.9.0/24 area 0 Switch(config-router)# network 1.1.1.0/24 area 0	发布网段到 OSPF 中
Switch(config-router)# end	退出路由模式

Switch C：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 2.2.2.1/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# ip ospf message-digest-key 2 md5 ospf	设置接口的 OSPF 验证 KEY

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)#interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 1.1.1.2/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)#ip ospf authentication	接口上启用明文验证功能
Switch(config-if)# ip ospf authentication-key test	设置接口的 OSPF 认证密码
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf	创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# area 1 authentication message-digest Switch(config-router)# network 2.2.2.0/24 area 1 Switch(config-router)# network 1.1.1.0/24 area 0	发布网段到 OSPF 中，配置 area 1 的认证类型为 MD5
Switch(config-router)# end	退出路由模式

Switch D：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)#interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#ip address 2.2.2.2/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# ip ospf message-digest-key 2 md5 ospf	设置接口的 OSPF 验证 KEY
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router ospf	创建 OSPF 进程
Switch(config-router)# area 1 authentication message-digest Switch(config-router)# network 2.2.2.0/24 area 1	发布网段到 OSPF 中，配置 area 1 的认证类型为 MD5
Switch(config-router)# end	退出路由模式

iv. 命令验证

- 检查Switch A的配置结果：

```
Switch# show ip ospf neighbor
OSPF process 0:
Neighbor ID    Pri   State        Dead Time   Address       Interface
9.9.9.2          1   Full/DR      00:00:38    9.9.9.2       eth-0-9
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
Switch# show ip ospf neighbor
OSPF process 0:
```

```
Neighbor ID    Pri   State          Dead Time   Address         Interface
2.2.2.1          1   Full/Backup    00:00:35    1.1.1.2         eth-0-1
1.1.1.1          1   Full/Backup    00:00:38    9.9.9.1         eth-0-9
```

- 检查Switch C的配置结果：

```
Switch# show ip ospf neighbor
OSPF process 0:
Neighbor ID    Pri   State          Dead Time   Address         Interface
9.9.9.2          1   Full/DR        00:00:35    1.1.1.1         eth-0-1
2.2.2.2          1   Full/DR        00:00:38    2.2.2.2         eth-0-2
Switch# show ip ospf interface
eth-0-1 is up, line protocol is up
 Internet Address 1.1.1.2/24, Area 0, MTU 1500
 Process ID 0, Router ID 2.2.2.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
 Transmit Delay is 1 sec, State Backup, Priority 1, TE Metric 1
 Designated Router (ID) 9.9.9.2, Interface Address 1.1.1.1
 Backup Designated Router (ID) 2.2.2.1, Interface Address 1.1.1.2
 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 00:00:01
 Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
 Crypt Sequence Number is 1301244696
 Hello received 385 sent 384, DD received 3 sent 5
 LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 11 sent 14
 LS-Ack received 12 sent 10, Discarded 1
 Simple password authentication enabled
Switch# show ip ospf
 Routing Process "ospf 0" with ID 2.2.2.1
```

```
Process uptime is 1 hour 7 minutes
Process bound to VRF default
Conforms to RFC2328, and RFC1583 Compatibility flag is disabled
Supports only single TOS(TOS0) routes
Supports opaque LSA
This router is an ABR, ABR Type is Alternative Cisco (RFC3509)
SPF schedule delay 5 secs, Hold time between two SPFs 10 secs
Refresh timer 10 secs
Number of incomming current DD exchange neighbors 0/5
Number of outgoing current DD exchange neighbors 0/5
Number of external LSA 0. Checksum 0x000000
Number of opaque AS LSA 0. Checksum 0x000000
Number of non-default external LSA 0
External LSA database is unlimited.
Number of LSA originated 17
Number of LSA received 57
Number of areas attached to this router: 2
  Area 0 (BACKBONE)
     Number of interfaces in this area is 1(1)
     Number of fully adjacent neighbors in this area is 1
     Area has no authentication
     SPF algorithm last executed 01:06:56.340 ago
     SPF algorithm executed 16 times
     Number of LSA 6. Checksum 0x034b09
  Area 1
     Number of interfaces in this area is 1(1)
```

```
Number of fully adjacent neighbors in this area is 1
Number of fully adjacent virtual neighbors through this area is 0
Area has message digest authentication
SPF algorithm last executed 00:03:29.430 ago
SPF algorithm executed 17 times
Number of LSA 5. Checksum 0x0230e3
```

- 检查Switch D的配置结果:

```
Switch# show ip ospf neighbor
OSPF process 0:
Neighbor ID    Pri   State        Dead Time   Address      Interface
2.2.2.1          1   Full/Backup  00:00:35    2.2.2.1      eth-0-2
```

6.4 IPv4 地址前缀列表配置

6.4.1 简介

路由策略（Routing Policy）是为了改变网络流量所经过的途径而修改路由信息的技术，主要通过改变路由属性（包括可达性）来实现。地址前缀列表是路由策略的一种，作用比较灵活。一个地址前缀列表由前缀列表名标识。每个前缀列表可以包含多个表项，每个表项可以独立指定一个网络前缀形式的匹配范围，并用一个索引号来标识，索引号指明了进行匹配检查的顺序。在匹配的过程中，交换机按升序依次检查由索引号标识的各个表项。只要有某一表项满足条件，就意味着本次匹配过程结束，而不再进行下一个表项的匹配。

6.4.2 配置 IPv4 地址前缀列表

6.4.2.1 创建地址前缀列表

地址前缀列表用于 IP 地址过滤。同一个地址前缀列表可包含多个表项，一个表项包括地址和掩码位数。命令中的 deny 和 permit 关键字指定该匹配结果是拒绝或者允许。此时，多个表项之间是“或”的关系，即通过一个表项就可通过该地址前缀列表的过滤。没有通过任何一个表项的过滤就意味着没有通过该地址前缀列表的过滤。

地址前缀范围包括两个部分，分别由 mask-length、ge-length 与 le-length 决定。如果指定了这两部分，要被过滤的 IP 地址必须匹配这两部分规定的前缀范围。具体的匹配公式如下：

ip-address/mask-length < ge-length < le-length <= 32

例如，只指定 ge-length，则匹配范围为[ge-length,32]；只指定 le-length，则匹配范围为[ip-address/mask-length,le-length]；如果两者都指定，则匹配范围为[ge-length, le-length]。

如果在输入命令中没有指定序号，则交换机会自动为表项添加默认序号。默认序号从 5 开始，并且每次递增 5，例如，5、10、15。默认序号将从当前大于已分配的序号中选择，并且是其中的最小值。

表 6-36 创建地址前缀列表

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip prefix-list *prefix-list-name* [**seq** *sequence-number*] { **deny** | **permit** } { **any** | *ip-*	创建地址前缀列表	prefix-list-name: 地址前缀列表名称； sequence-number: 地址前缀列

命令	操作	说明
address/mask-length } [**ge** *ge-length* | **le** *le-length*]		表表项序号，取值范围 1~65535； ip-address/mask-length: 网络地址和掩码位数。掩码位数的取值范围为 0~32； ge-length: 指定地址匹配的最小前缀长度，取值范围为 0~32； le-length: 指定地址匹配的最大前缀长度，取值范围为 0~32； 缺省情况下，未创建地址前缀列表

6.4.2.2 添加地址前缀列表描述

表 6-37 添加地址前缀列表描述

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip prefix-list *prefix-list-name* **description** *description-info*	添加地址前缀列表描述信息	prefix-list-name: 地址前缀列表名称； description-info: 地址前缀列表描述，取值范围为 0～80； 缺省情况下，未添加地址前缀列表描述信息

6.4.2.3 启用地址前缀列表序号

表 6-38 启用地址前缀列表序号

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip prefix-list sequence-number	配置地址前缀列表序号	缺省情况下，地址前缀列表默认使用序号

6.4.3 显示与维护

6.4.3.1 查看地址前缀列表信息

表 6-39 查看地址前缀列表信息

命令	操作	说明
show ip prefix-list [**summary** | **detail**] [*prefix-list-name*]	显示地址前缀列表的配置信息	如选择了关键字 summary 或 detail，可以显示前缀列表的统计摘要或详细统计信息
show ip prefix-list *prefix-list-name* [**seq** *sequence-number* | *ip-address/mask-length* [**longer** | **first-match**]]		prefix-list-name: 地址前缀列表名称； sequence-number: 地址前缀列表表项序号，取值范围 1~65535； ip-address/mask-length: 网络地址/掩码位数 e.g., 35.0.0.0/8； longer: 只显示掩码位数大于

命令	操作	说明
		mask-length 的表项； first-match: 只显示第一个匹配的表项

6.4.3.2 清除地址前缀列表信息

表 6-40 清除地址前缀列表信息

命令	操作	说明
clear ip prefix-list [*prefix-list-name*] [*ip-address/mask-length*]	清除地址前缀列表的配置信息	prefix-list-name: 地址前缀列表名称； ip-address/mask-length: 网络地址/掩码位数 e.g., 35.0.0.0/8

6.4.4 配置举例

6.4.4.1 配置 Prefix-List 基本功能

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip prefix-list test seq 1 deny 35.0.0.0/8 le 16	创建地址前缀列表 test，并创建一条长度为[8,16]、地址为 35.0.0.0/8 的拒绝表项，指定序号为 1

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip prefix-list test permit any	指定地址前缀列表的匹配模式为允许，防止不匹配条目出现时拒绝通过
Switch(config)# ip prefix-list test description this prefix list is for test	添加地址前缀列表的描述信息
Switch(config)# ip prefix-list test permit 36.0.0.0/24	配置匹配 36.0.0.0/24 的允许表项
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

ii. 命令验证

显示地址前缀列表的详细信息：

```
Switch# show ip prefix-list detail
    Prefix-list list number: 1
    Prefix-list entry number: 3
    Prefix-list with the last deletion/insertion: test
    ip prefix-list test:
      Description: this prefix list is for test
      count: 3, range entries: 0, sequences: 1 - 10
       seq 1 deny 35.0.0.0/8 le 16 (hit count: 0, refcount: 0)
       seq 5 permit any (hit count: 0, refcount: 0)
       seq 10 permit 36.0.0.0/24 (hit count: 0, refcount: 0)
```

6.4.4.2 配置 Prefix-list 与 RIP 的简单应用

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip prefix-list aa seq 11 deny 35.0.0.0/8 le 16	创建地址前缀列表 aa，并创建一条长度为[8,16]、地址为 35.0.0.0/8 的拒绝表项，指定序号为 11
Switch(config)# ip prefix-list aa permit any	指定地址前缀列表的匹配模式为允许，防止不匹配条目出现时拒绝通过
Switch(config)# router rip	进入 RIP 路由模式
Switch(config-router)# distribute-list prefix aa out	过滤所有 RIP 发送的路由
Switch(config-router)# end	退出 RIP 路由模式

ii. 命令验证

显示地址前缀列表的配置信息：

```
Switch# show ip prefix-list

  ip prefix-list aa: 2 entries
     seq 11 deny 35.0.0.0/8 le 16
     seq 15 permit any
  Switch# show running-config
  Building configuration...
  …
```

```
ip prefix-list aa seq 11 deny 35.0.0.0/8 le 16
ip prefix-list aa seq 15 permit any
…
router rip
 distribute-list prefix aa out
```

6.4.4.3 配置 Prefix-list 与 Route-map 的应用

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip prefix-list aa seq 11 deny 3.3.3.0/8 le 24	创建地址前缀列表 aa，并创建一条长度为[8,24]、地址为 3.3.3.0/8 的拒绝表项，指定序号为 11
Switch(config)# ip prefix-list aa permit any	指定地址前缀列表的匹配模式为允许，防止不匹配条目出现时拒绝通过
Switch(config)# route-map abc permit	创建 route-map 并进入 route-map 配置模式
Switch(config-route-map)# match ip address prefix-list aa	匹配地址前缀列表 aa
Switch(config-route-map)# set local-preference 200	设置本地优先级为 200
Switch(config-route-map)# exit	退出 route-map 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# route-map abc permit 20	重新定义一个策略，防止不匹配条目出现时拒绝通过
Switch(config-route-map)# exit	退出 route-map 配置模式
Switch(config)# router bgp 1	进入 BGP 路由模式
Switch(config-router)# neighbor 1.1.1.2 remote-as 1	配置 BGP 邻居
Switch(config-router)# neighbor 1.1.1.2 route-map abc out	在 BGP 路由上应用路由策略
Switch(config-router)# network 2.2.2.2/32	BGP 路由中宣告网段
Switch(config-router)# network 3.3.3.3/32	BGP 路由中宣告网段
Switch(config-router)# end	退出 BGP 路由模式

ii. 命令验证

显示 Route-map 的配置信息：

```
Switch# show route-map

    route-map abc, permit, sequence 10
      Match clauses:
        ip address prefix-list aa
      Set clauses:
        local-preference 200
    route-map abc, permit, sequence 20
```

```
 Match clauses:
Set clauses:
Switch# show running-config
Building configuration...
…
ip prefix-list aa seq 11 deny 3.3.3.0/8 le 24
ip prefix-list aa seq 15 permit any
!
!
route-map abc permit 10
 match ip address prefix-list aa
 set local-preference 200
!
route-map abc permit 20
…
router bgp 1
 neighbor 1.1.1.2 remote-as 1
 !
 address-family ipv4
 no synchronization
 network 2.2.2.2 mask 255.255.255.255
 network 3.3.3.3 mask 255.255.255.255
 neighbor 1.1.1.2 activate
 neighbor 1.1.1.2 route-map abc out
 exit-address-family
 !
```

```
address-family vpnv4 unicast
no synchronization
exit-address-family
```



说明

更多关于 Route-map 的介绍及配置请见“Route-map 配置”。

6.5 Route-map 配置

6.5.1 简介

路由策略（Routing Policy）是为了改变网络流量所经过的途径而修改路由信息的技术，主要通过改变路由属性（包括可达性）来实现。

路由器在发布与接收路由信息时，可能需要实施一些策略，以便对路由信息进行过滤，例如只接收或发布满足一定条件的路由信息。一种路由协议可能需要引入其它的路由协议发现的路由信息，路由器在引入其它路由协议的路由信息时，可能只需要引入一部分满足条件的路由信息，并控制所引入的路由信息的某些属性，以使其满足本协议的要求。

为实现路由策略，首先要定义将要实施路由策略的路由信息的特征，即定义一组匹配规则，又称为 match 语句。如果匹配条件，就会执行 set 指定的相关动作。这个动作不是必要的，可以使用路由信息中的不同属性作为匹配依据进行设置，如目的地址、发布路由信息的路由器地址等。匹配规则可以预先设置好，然后再将它们应用于路由的发布、接收和引入等过程

的路由策略中。

6.5.2 配置 Route-map

6.5.2.1 创建 Route-map

表 6-41 创建 Route-map

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 Route-map 并进入 Route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535

6.5.2.2 配置 match 语句

如果指定了一个 permit 的 match 规则，路由将会被像 set 规则指定的那样进行重发布或者进行控制。相反，如果指定了相应的 deny 规则，满足条件的路由将不会被重发布或者控制。如果没有匹配到任何规则的话，路由将不会被接收或者转发。

被策略指定的路由不能和路由协议指定的路由相同，指定的策略让报文能够按照它们的长度及内容通过不同的路由进行转发。相对于路由表指定的路径来说，报文将会优先以配置的策略来进行转发。

1. 通过ACL或者IP地址前缀列表匹配路由

表 6-42 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match ip address *ipv4-acl-name*	指定匹配一个 ACL 的规则	ipv4-acl-name: 指定 IPV4 ACL 名；缺省情况下，未配置该规则
match ip next-hop *ipv4-acl-name*	指定匹配一个下一跳的 IP 地址	
match ip address prefix-list *list-name*	匹配一个前缀列表条目	list-name: IP 前缀列表名；缺省情况下，未配置该规则
match ip next-hop prefix-list *list-name*	匹配下一跳的前缀列表条目	

2. 配置通过度量值匹配路由

表 6-43 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match metric *metric-value*	指定度量值匹配路由	metric-value: 度量值，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

3. 配置BGP协议中生效的匹配条件

表 6-44 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为

命令	操作	说明
		1~65535
match as-path *list-name*	指定自治系统匹配的路径	list-name: 指定自治系统路径的 ACL 名；缺省情况下，未配置该规则
match community *community-list-name*	指定匹配的团体属性(Community)号	community-list-name: Community 列表名；缺省情况下，未配置该规则
match interface *if-name*	指定接口的匹配规则	if-name: 接口名；缺省情况下，未配置该规则
match local-preference *preference-level*	指定本地优先级的匹配规则	preference-level: 本地优先级，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则
match origin { **egp** | **igp** | **incomplete** }	匹配 BGP 路由的起始(origin)属性	egp：表明这一条路由的起始信息是从外部网关协议(EGP)中学习到的；igp:表示起始路径信息是通过内部网关协议(IGP)学习到的。 incomplete: 这个路由的原始路径是通过不清楚或者其他别的方式来学习到的。比如，一个静态路由被重发布到 BGP 时，那它的原始路由就是不完整的； 缺省情况下，未配置该规则

4. 配置基于路由信息的匹配条件

表 6-45 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match route-type external { **type-1** | **type-2** }	根据路由信息匹配指定的外部路由类型	自治系统外部 LSA 即类型 1 或者类型 2。外部类型 1 值匹配类型 1 的外部路由，外部类型 2 只匹配类型 2 的外部路由；缺省情况下，未配置该规则
match tag *tag-value*	根据路由信息匹配指定的 tag	tag-value: 取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

6.5.2.3 配置 set 动作

1. 配置BGP路由属性

表 6-46 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set aggregator as *as-number ip-address*	配置 route-map 和 router ID 的 AS 号	自治系统(AS)是一个网络管理机构控制下的路由器和网络群组。它们被不同的区域所分离，被指派了一个独特的 16 位的号码； as-number: 指定集合的 AS 号；缺省情况下，未配置该规则
set as-path prepend *as-number* [*as-number*]	修改自治系统(AS)的路径	通过指定 AS-Path 的长度，路由器可以影响路径的最佳路径选择。在这个命令中使用 prepend 参数，来在已有的 AS-Path 中，再追加一个指定的AS-Path。缺省情况下，未配置该规则

命令	操作	说明
set comm-list { *std-list-num* | *ext-list-num* | *list-name* } **delete**	删除匹配条件的团体属性	std-list-num: 标准 community 列表号； ext-list-num: 扩展 community 列表号； list-name: community 列表名； 缺省情况下，未配置该规则
set community [*aa:nn* | **internet** | **local-AS** | **no-advertise** | **no-export**]	配置团体属性	aa: AS 号； nn: 指定的 community 号； 缺省情况下，未配置该规则
set extcommunity { **rt** | **soo**} *ext-comm-number* [*extcomm-number*]	配置扩展团体属性	extcomm-number: 数字或 IP 地址形式的 AS 号；缺省情况下，未配置该规则
set local-preference *preference-level*	配置本地优先级属性	preference-level: 本地优先级，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则
set origin { **egp** | **igp** | **incomplete** }	配置 BGP 路由的 Origin 属性	缺省情况下，未配置该规则

2. 配置路由的度量值属性

表 6-47 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set metric *metric-value*	配置一条路由的 metric 值，以及一个关于 AS 的首选路径影响的外部邻居	metric-value: 度量值，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

3. 配置路由信息的下一跳地址

表 6-48 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535

命令	操作	说明
set ip next-hop *next-hop-address*	配置指定的下一跳地址	next-hop-address: 下一跳的 IP 地址；缺省情况下，未配置该规则

4. 配置目的路由协议的metric类型

表 6-49 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set metric-type { **type1** | **type2** }	配置目的路由协议的 metric 类型	缺省情况下，未配置该规则

5. 配置路由信息的tag值

表 6-50 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag*	创建一个 route-map 并	map-tag: route-map 名称，长度

命令	操作	说明
[**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	进入 route-map 配置模式	不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set tag *tag-value*	配置路由信息的 tag 值	tag-value: 取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

6.5.3 显示与维护

表 6-51 显示与维护

命令	操作	说明
show route-map [*map-tag*]	显示 Route-map 配置信息	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'

6.5.4 配置举例

6.5.4.1 配置 Route-map 应用至 OSPF

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# route-map abc permit	创建一个路由策略并进入 Route-map 配置模式
Switch(config-route-map)# match metric 20	指定度量值匹配路由
Switch(config-route-map)# set tag 2	配置路由信息的 tag 值
Switch(config-route-map)# exit	退出 Route-map 配置模式
Switch(config)# route-map abc permit 20	重新定义一个策略，防止不匹配条目出现时拒绝通过
Switch(config-route-map)# exit	退出 Route-map 配置模式
Switch(config)# router ospf 100	进入 OSPF 路由模式
Switch(config-router)# redistribute rip route-map abc	将 RIP 协议重分布到 OSPF 中，并且使用策略 abc
Switch(config-router)# end	退出 OSPF 路由模式

ii. 命令验证

显示 Route-map 配置信息：

```
Switch# show route-map

    route-map abc, permit, sequence 10
      Match clauses:
       metric 20
```

```
    Set clauses:
      tag 2
  route-map abc, permit, sequence 20
    Match clauses:
    Set clauses:
```

6.5.4.2 配置 Route-map 应用至 BGP

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list acl1	创建 IPv4 访问控制列表，并进入访问控制列表配置模式
Switch(config-ip-acl)# permit any 3.3.3.0 0.0.0.255 any	设置匹配的条目
Switch(config-ip-acl)# exit	退出 IPv4 ACL 配置模式
Switch(config)# route-map abc permit	创建路由策略
Switch(config-route-map)# match ip address acl1	匹配一个 ACL 的规则
Switch(config-route-map)# set local-preference 200	配置本地优先级属性
Switch(config-route-map)# exit	退出 Route-map 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# route-map abc permit 20	重新定义一个策略，防止不匹配条目出现时拒绝通过
Switch(config-route-map)# exit	退出 Route-map 配置模式
Switch(config)# router bgp 1	进入 BGP 路由模式
Switch(config-router)# neighbor 1.1.1.2 remote-as 1	配置 BGP 邻居
Switch(config-router)# neighbor 1.1.1.2 route-map abc out	在 BGP 路由上应用路由策略
Switch(config-router)# network 2.2.2.2/32	BGP 路由中宣告网段
Switch(config-router)# network 3.3.3.3/32	BGP 路由中宣告网段
Switch(config-router)# end	退出 BGP 路由模式

ii. 命令验证

显示 Route-map 配置信息：

```
Switch1# show route-map

  route-map abc, permit, sequence 10
    Match clauses:
      ip address acl1
    Set clauses:
      local-preference 200
  route-map abc, permit, sequence 20
```

```
 Match clauses:
 Set clauses:
Switch2# show ip bgp
BGP table version is 6, local router ID is 1.1.1.2
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
        S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
  Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*>i2.2.2.2/32     1.1.1.1           0    100     0 i
*>i3.3.3.3/32     1.1.1.1           0    200     0 i
```

6.6 策略路由配置

6.6.1 简介

与单纯基于 IP 报文的目的地址进行转发不同，策略路由（Policy-Based Routing，缩写：PBR）提供更灵活的路由转发的机制。它可以依照匹配的条件，如 IP 报文的源地址、度量值、tag、报文长度等进行路由选择，执行指定的操作。一般来说，策略路由的优先级比普通路由高，报文到达后会根据配置策略路由进行转发。如果不满足匹配的条件，则按照普通路由转发。

策略路由一般可分为两种类型：本地策略路由与转发策略路由。本地策略路由只对本设备发出的报文进行策略路由，对于外部设备发送给本机的报文没有影响；而转发策略路由只对接口接收的报文进行策略路由，对于从该接口转发出去的报文不受影响。

6.6.2 配置策略路由

6.6.2.1 启用/关闭策略路由功能

若要启用 PBR，用户需要配置一个有 match 和 set 语句的 route-map，然后才能在一个三层端口上启用 PBR 功能。所有进入这个端口的报文，都会去匹配这个 route-map 指定的 match 策略。如果报文满足 match 策略，将会按照 set 指定的规则进行相应的转发处理。具体可参见 6.6.3 配置举例。

表 6-52 启用/关闭 PBR 功能

命令	操作	说明
ip policy route-map *map-name*	在设备上启用 PBR	map-name: 策略路由映射名；缺省情况下，PBR 功能处于关闭状态
no ip policy route-map	关闭 PBR 功能	

6.6.2.2 查看策略路由配置信息

表 6-53 查看策略路由配置信息

命令	操作	说明
show ip policy route-map	显示策略路由的配置信息	-

6.6.3 配置举例

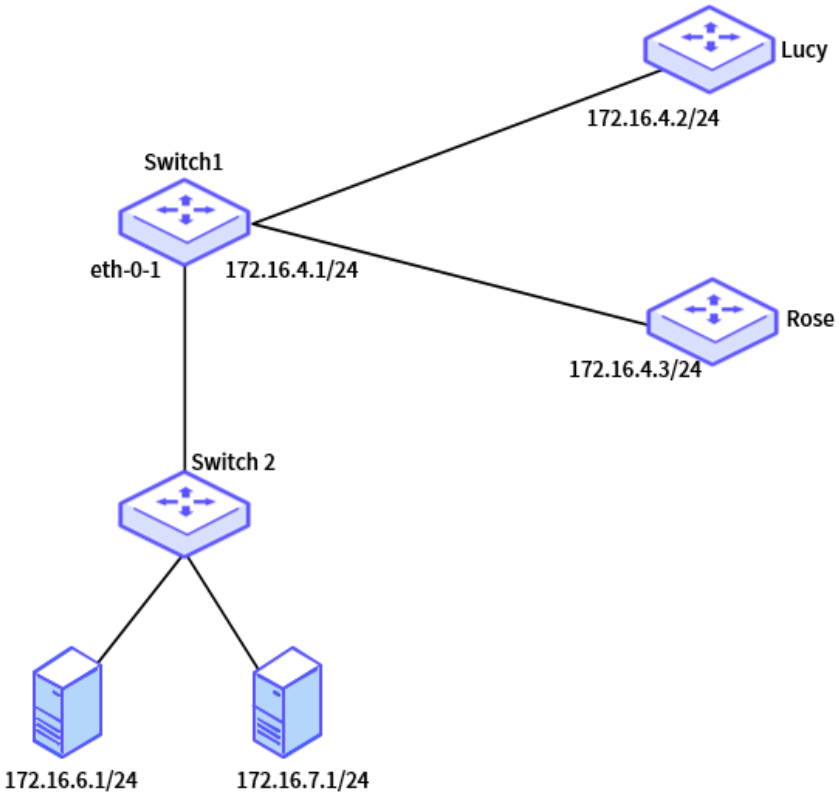
6.6.3.1 介绍

下图是策略路由的一个典型配置：在 Switch 的 eth-0-1 端口上应用一个 PBR，源地址为

172.16.6.1 的报文将会被转发给 Lucy，源地址是 172.16.7.1 将会进行正常的路由转发。

6.6.3.2 拓扑

图 6-16 策略路由典型拓扑图



6.6.3.3 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list acl1	定义一个 IPV4 ACL 并且进入 ACL 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-ip-acl)# 10 permit any 172.16.6.0 0.0.0.255 any	配置一个允许源地址为 172.16.6.0 的报文进入的 ACE
Switch(config-ip-acl)# exit	退出 ACL 配置模式
Switch(config)# route-map richard permit 10	创建一个名为 Richard 的 route-map 并且进入 route-map 配置模式
Switch(config-route-map)# match ip address acl1	配置一个匹配 acl1 的 match 语句
Switch(config-route-map)# set ip next-hop 172.16.4.2	设置满足匹配条件的数据包的转发地址为 172.16.4.2
Switch(config-route-map)# exit	退出 Route-map 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将端口设置为三层口
Switch(config-if)# ip address 172.16.5.2/24	设置接口的 IP 地址
Switch(config-if)# no shutdown	启用这个接口
Switch(config-if)# ip policy route-map richard	在这个接口上应用 Richard 这个策略
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

6.6.3.4 命令验证

显示 Route-map 的配置信息：

```
Switch# show ip policy route-map
    Route-map              interface
    richard                eth-0-1
```

6.7 BGP 配置

6.7.1 简介

边界网关协议（Border Gateway Protocol，缩写：BGP）是运行于 TCP 上的一种内部自治系统路由协议。BGP 通告系统的主要功能是在不同的自治系统（AS）来交换网络上的可达信息，在 AS 之间实现路由信息的交互。这些信息能有效地避免路由环路，以及在这个 AS 级别上实施强制性的策略。

按照运行方式的不同，BGP 可以分为 IBGP（Internal/Interior BGP）和 EBGP（External/Exterior BGP）两类，它们的定义分别为：

- IBGP:在一个自治系统内的两个或多个对等体之间运行的BGP,即在相同的AS内建立BGP连接，完成同一AS内路由信息的传递。
- EBGP：在不同的自治系统的对等体之间运行的BGP，即在不同AS之间建立的BGP连接，完成不同AS之间路由信息的交换。

BGP-4 是 BGP 的第四版，提供了一组新的机制支持无类域内路由（CIDR）[RFC1518, RFC1519]。这些机制包括发布一组 IP 前缀的目的地址以及消除 BGP 中“类”的概念。BGP-4 也引入了一些支持路由聚合（包括 AS 路径的聚合）的机制。

6.7.2 配置 BGP 的基本功能

6.7.2.1 启动 BGP 进程

表 6-54 启动 BGP 进程

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# end	退出路由模式	-

6.7.2.2 创建 BGP 路由器 ID

表 6-55 创建 BGP Router ID

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp router-id 1.1.2.3	创建 BGP 的路由器标识	router-id: 点分十进制



说明

如果配置了环回接口，route-id 将会设置为环回接口的地址，否则，最高的 IP 地址将会设置为 router-id。

6.7.2.3 配置 BGP 对等体

BGP 对等体也称为 BGP 邻居，指定 BGP 邻居后才能建立的内部或者外部的 BGP（IBGP 或者 EBGP）的 TCP 会话。

表 6-56 配置 BGP 对等体

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.0.73 remote-as 345	指定 BGP 邻居	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址

6.7.2.4 创建对等体组

配置该命令可以更新各种策略，使用 **neighbor** 命令来简单的配置对等体组。任何对对等体组的修改会对所有的成员产生影响。创建对等体组后，用户可根据实际情况增加一个邻居。

表 6-57 创建对等体组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor group1 peer-group	创建对等体组	group1: 对等体组名
Switch(config-router)# neighbor	将邻居 10.10.0.63 加入	以 IP 地址格式来指

命令举例	操作	说明
10.10.0.63 peer-group group1	对等体组 group1	定 BGP 邻居的地址

6.7.2.5 配置重分布路由

可引入的源路由协议，包括 OSPF 路由、BGP 路由，还有静态路由和直连路由。可以通过该命令配置重分布的度量值、路由映射等。

表 6-58 配置重分布路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address family ipv4 vrf evpn-tenant-1	进入 IPv4 地址族配置模式	vrf evpn-tenant-1: VPN 路由/转发实例名
Switch(config-router-af)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP	默认不使能重发布，度量值的默认值为 1

说明

在路由模式下，可以进入不同的地址族配置模式：

- 使用 **address-family ipv4** [**unicast** | **multicast** | **vrf** *vrf-name*] 命令，进入IPv4地址族配置模式;

- 使用 **address-family vpnv4** [**unicast**] 命令，进入VPNv4地址族配置模式;

退出该模式使用相应的 **exit** 或者 **exit-address-family** 命令。

6.7.3 配置 RR 与 BGP 联盟 ID

6.7.3.1 配置路由反射器 (RR)

路由反射器（RR）可以解决 AS 中的 IBGP 对等体爆炸式增长的问题。通过 RR，在 AS 中 IBGP 对等体的数量会减少。使用 **neighbor route-reflector-client** 命令，来配置指定邻居作为 client 以及本地路由作为 RR。

表 6-59 配置路由反射器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.0.72 route-reflector-client	配置 BGP 路由反射器及其客户端 (client)	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址

缺省情况下，路由反射器使用自己的 Route-id 作为集群 ID。但是为了增加冗余，一个集群可能会有多个 RR。当配置一个以上的 RR 时，执行 **bgp cluster-id** *cluster-id* 命令，配置路由反射器的集群ID；且当配置了 RR 时，默认客户端之间的路由反射处于开启状态，用户也可执行 **no bgp client-to-client reflection** 关闭客户端之间的路由反射。

6.7.3.2 配置 BGP 联盟 ID

由于从 IBGP 邻居收到的路由无法转发给其它 IBGP 邻居，而从 EBGP 邻居接收的路由可以转发给任何邻居，包括 IBGP。因此，在拥有多个路由器的大型 AS 中，可以通过配置 BGP

联盟解决路由限制的问题。联盟将一个自治系统划分为若干个子自治系统，每个子自治系统内部的 IBGP 对等体建立全连接关系，子自治系统之间建立 EBGP 连接关系。配置联盟后，原 AS 号将作为每个路由器的联盟 ID。

表 6-60 配置 BGP 联盟 ID

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp confederation identifier 1	配置 BGP 的联盟 ID	BGP 联盟 ID 的取值范围为 1~65535

6.7.4 配置 BGP 路由选路

6.7.4.1 配置 BGP 的管理距离

管理距离标识了一个路由器的可靠性，这个值越高越不可靠。用户可以对外部、内部和本地的路由设置管理距离。外部路径是从 AS 外部邻居学习到的路由，内部路由是在同一个 AS 的另外一个路由器中学习到的路由；而本地路由则是本路由器从别的进程中通过重发布学习到的路由。如果修改了管理距离，路由表中会出现矛盾，并且阻塞路由。

表 6-61 配置 BGP 管理距离

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295

命令举例	操作	说明
Switch(config-router)# distance 34 10.10.0.0/24 mylist	配置 BGP 的管理距离	管理距离的取值范围为 1~255

6.7.4.2 配置下一跳属性

当 BGP 路由器通过 EBGP 获取路由，并且这些路由需要广播给一个 IBGP 邻居时，发送的下一跳信息并不改变。使用这个命令，BGP 路由器可以改变发送给 IBGP 对等体的下一跳信息，将下一跳信息设置为这个邻居进行通信的接口的 IP 地址。

表 6-62 配置下一跳属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.0.72 remote-as 100	指定 BGP 邻居	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址
Switch(config-router)# neighbor 10.10.0.72 next-hop-self	配置 BGP 设备向 IBGP 对等体（组）发布路由时，将下一跳地址设置为自身的 IP 地址	

根据实际组网情况，可以执行 **neighbor** *neighbor-id* **attribute-unchanged** { **as-path** | **next-hop** | **med** }命令，配置发布路由时不改变下一跳地址。

6.7.4.3 配置默认本地优先级

当存在通往同一个目的的多条路径时，可以配置优先级比较高的那条路径。这个优先级对本地 AS 的所有路由器和接入服务器有效。

表 6-63 配置默认本地优先级

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp default local-preference 2345555	修改默认的本地优先级	优先级的取值范围为 0~4294967295，缺省情况下为 100

6.7.4.4 配置 MED 属性

使用这个命令来指定 Multi Exit Discriminator (MED) 的两个属性：confed 和 missing-as-worst。confed 属性使 MED 通过联盟对等体中学到的路径来进行比较。MED 仅在没有扩展的 AS 路径中比较，不在联盟 AS 路径中比较。如果存在一个扩展的 AS，MED 比较就不会进行。

missing-as-worst 属性则将丢失的 MED 作为路径中为无限大的值，将丢失了 MED 的路径作为最差的路径来考虑。如果没有使能 missing-as-worst，丢失的 MED 值是 0，由此这条路径就是 BGP 的最佳路径。

表 6-64 配置 MED 属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp bestpath med missing-as-worst	将丢失的 MED 作为优先选择的对象	-

MED 只在相同的 AS 的路径中进行比较，在本地 AS 的路由器上使能 **bgp deterministic-med** 命令，可以获取一个比较结果。使用 **bgp always-compare-med** 命令能在不同的 AS 之间比较 MED。选择最佳路径以后才可以使用 MED 参数，拥有较低 MED 的路径会被优先使用。

6.7.4.5 配置 BGP 团体属性

BGP 团体（community）属性用于实现策略路由。这是个可选的属性，并且可以促进本地策略通过不同的 AS 来传输。可以配置有两种团体属性：扩展团体属性和标准团体属性。

表 6-65 配置 BGP 团体属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip community-list 20 permit 7675:80 7675:90	新增一个团体列表条目	以 AA:NN 格式来呈现： AA = AS 号； NN = 指定的 community 号

标准的团体列表被编译为二进制格式，并且直接和 BGP 更新的团体属性相比较。这个比较过程比扩展团体列表要快。任何不匹配标准团体属性的值都会自动被视为扩展团体值。

表 6-66 配置 BGP 标准团体属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip community-list standard CLIST permit 7675:80 7675:90 no-export	新增一个标准团体列表条目	以 AA:NN 格式来呈现： AA = AS 号； NN = 指定的 community 号

表 6-67 配置 BGP 扩展团体属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip community-list expanded CLIST permit .*	新增一个扩展团体列表条目	指定使用常规表述来描述团体列表

6.7.5 控制 BGP 路由的发送和接收

6.7.5.1 配置 BGP 邻居路由的过滤

表 6-68 配置 BGP 邻居路由的过滤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 1.2.3.4 distribute-list mylist out	配置对发布的邻居路由进行过滤	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址。 in：表示过滤接收的宣告路由； out：表示过滤发布的宣告路由

6.7.5.2 配置基于 AS 路径的过滤

表 6-69 配置基于 AS 路径的过滤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.0.34 filter-list listname out	创建 AS 路径的过滤器，对发布的路由进行过滤	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址。 in：表示过滤接收的宣告路由； out：表示过滤发布

命令举例	操作	说明
		的宣告路由

6.7.5.3 配置基于前缀列表的过滤

这个命令用于过滤 BGP 宣告路由的前缀列表。如果没有匹配到任何前缀列表的条目，就会拒绝这个路由的访问。当多个前缀列表的条目满足条件时，就会选择最小序列号的条目进行匹配。路由器从前缀列表的最上方（序号 1）开始搜索，一旦匹配 match 或者 deny，便不再继续往下搜索。

表 6-70 配置基于前缀列表的过滤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip prefix-list list1 deny 30.0.0.0/24	指定地址前缀列表的匹配模式为拒绝	掩码位数的取值范围为 0~32
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.10.10 prefix-list list1 in	配置过滤接收的 BGP 宣告路由的前缀列表	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址。 in：表示过滤接收的宣告路由； out：表示过滤发布的宣告路由

6.7.6 配置 BGP 定时器

6.7.6.1 配置全局定时器

全局使用该命令可以设定 BGP 的存活时间（keepalive）和保持时间（holdtime）的值。

表 6-71 配置全局定时器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# timers bgp 40 120	全局设定 BGP keepalive 定时器和 holdtime 定时器的值	keepalive-time：信息被送往邻居的频率，取值范围为 0~65535，单位：秒；默认值为 60s； hold-time：当未接收到 keepalive 信息时，邻居会话中断的间隔时间。取值范围为 3~65535，单位：秒；默认值为 180s

6.7.6.2 配置邻居定时器

配置该命令可以设定 BGP 对等体（邻居）的定时器，即存活时间（keepalive）和保持时间（holdtime）的值。

表 6-72 配置邻居定时器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.10.10 timers 60 120	设定 BGP 对等体 keepalive 定时器和 holdtime 定时器的值	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址； keepalive-time：信息被送往邻居的间隔时间，取值范围为 0~65535，单位：秒；默认值为 60s； hold-time：当未接收到 keepalive 信息时，邻居会话中断的间隔时间。取值范围为 3~65535，单位：秒；默认值为 180s

6.7.7 配置 BGP 路由聚合

聚合用于将路由表的规模最小化。聚合通过一些特征，将不同的路由聚合起来，并宣告为一条路由。如果更确定的 BGP 路由在可选择的范围内，aggregate-address 命令在 BGP 路由表中创建了一个聚合条目。使用参数 summary-only 只宣告前缀，对所有邻居抑制更确定的路由。

表 6-73 配置 BGP 路由聚合

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# aggregate-address 10.0.0.0/8 as-set summary-only	配置 BGP 聚合条目	A.B.C.D/M 指定聚合的 IP 前缀；summary-only：在更新过程中过滤更多的指定路由

6.7.8 配置向 BGP 邻居发送缺省路由

每个路由器都应该有默认的路由，它用于向非本地 IP 路由表中的网络发送数据包。确保路由器有缺省路由的方法有两种。方法一：给所有路由器配置一个静态路由，确保每个路由器都有一个默认路由。方法二：创建一个默认路由，并把这个路由广播到 BGP 邻居中。

表 6-74 配置向 BGP 邻居发送缺省路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.10.1 default-originate route-map myroute	配置向 BGP 邻居发送缺省路由	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址； myroute：路由映射名

6.7.9 显示与维护

表 6-75 显示与维护

命令	操作	说明
show ip bgp [*ip-address*] **show ip bgp ipv4** { **unicast** | **multicast** }[*ip-address*]	显示 BGP 网络信息	ip-address: 指定 IPv4 地址
show ip bgp community *type* [**exact-match**] **show ip bgp ipv4** { **unicast** | **multicast** } **community** *type* [**exact-match**]	显示匹配团体的路由	type: AA:NN、local-AS、no-advertise 、 no-export
show ip bgp filter-list *list-name* **show ip bgp ipv4** { **unicast** | **multicast** } **filter-list** *list-name*	显示符合过滤列表的路由	list-name: 指定 ACL 名的常规表述
show ip bgp neighbors [*ip-address* [**advertised-routes** | **received** | **received-routes** | **routes**] **show ip bgp ipv4** { **unicast** | **multicast** } **neighbors** [*ip-address* [**advertised-routes** | **received** | **received-routes** | **routes**]	显示 TCP 和 BGP 邻居连接的详细信息	ip-address: 指定 IPv4 地址

命令	操作	说明
show ip bgp prefix-list *list-name* **show ip bgp ipv4** { **unicast** | **multicast** } **prefix-list** *list-name*	显示匹配 prefix-list 的路由	list-name: 指定 IP 前缀列表名
show ip bgp summary **show ip bgp ipv4** { **unicast** | **multicast** } **summary**	显示 BGP 邻居状态的汇总信息	-
clear ip bgp * [**in** | **out** | **soft**]	重置所有对等体的 BGP 连接	*：清除所有的 BGP 对等体； in：清除接收的宣告路由； out：清除发布的宣告路由； soft：清除发布/接收的宣告路由
clear ip bgp *ip-address* [**in** | **out** | **soft**]	通过指定的 IP 地址重置 IPv4 BGP 的连接	ip-address: 需要清除的 BGP 路由的 IP 地址

6.7.10 配置举例

6.7.10.1 配置 EBGP

i. 基本拓扑

图 6-17 EBGP基本拓扑图1

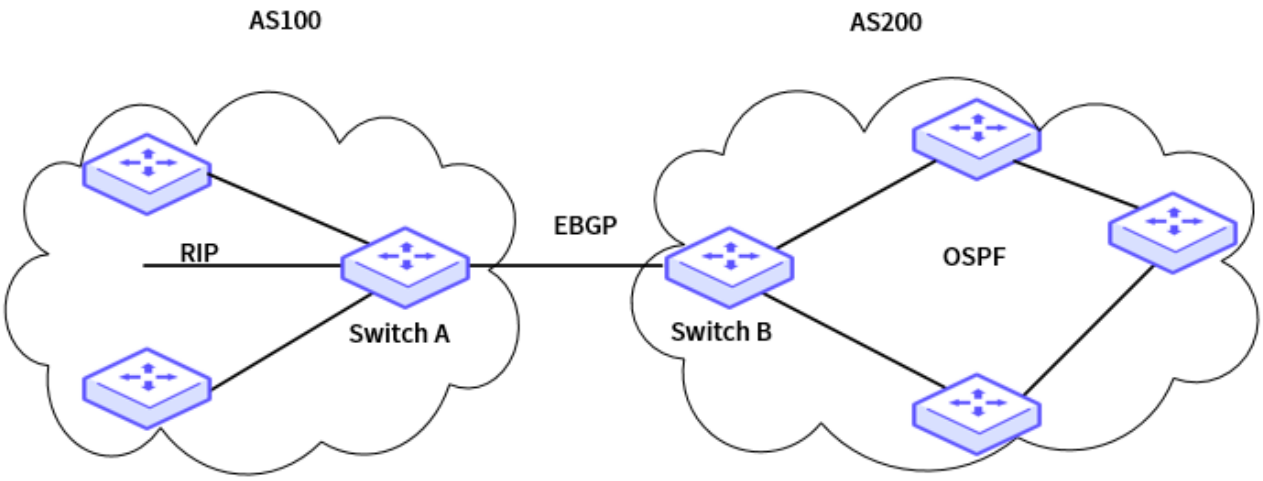
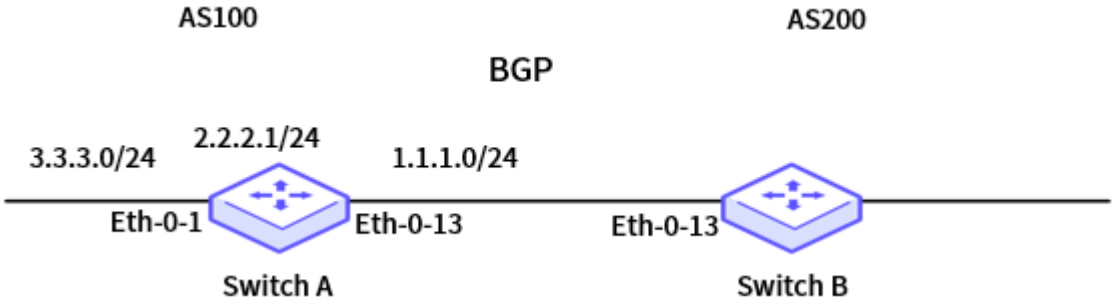


图 6-18 EBGP基本拓扑图2



ii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if)# ip address 1.1.1.1/24	配置 IP 地址为 1.1.1.1/24
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if)# ip address 2.2.2.1/24	配置 IP 地址为 2.2.2.1/24
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 3.3.3.0/24 2.2.2.2	增加一条静态路由
Switch(config)# router bgp 100	创建 BGP 100 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 10.10.10.10	配置 BGP router-id
Switch(config-router)# neighbor 1.1.1.2 remote-as 200	配置 EBGP 邻居号 200
Switch(config)# neighbor 1.1.1.2 ebgp-multihop	配置邻居为 ebgp-multihop
Switch(config-router)# network 4.0.0.0/8	指定 BGP 路由进程宣告的网络

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# redistribute static	重分布静态路由到 BGP
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if) # no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if) # ip address 1.1.1.2/24	配置 IP 地址为 1.1.1.2/24
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router bgp 200	创建 BGP 200 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 11.11.11.11	配置 BGP router-id
Switch(config-router)# neighbor 1.1.1.1 remote-as 100	配置 EBGP 邻居号 100

命令举例	操作步骤
Switch(config)# neighbor 1.1.1.1 ebgp-multihop	配置邻居为 ebgp-multihop
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

iii. 命令验证

- 查看Switch A的配置结果：

```
SwitchA# show ip bgp neighbors

  BGP neighbor is 1.1.1.2, remote AS 200, local AS 100, external link
   BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
   BGP state = Active
   Last read 00:26:00, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
   Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
   Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
   Route refresh request: received 0, sent 0
   Minimum time between advertisement runs is 30 seconds
  For address family: IPv4 Unicast
   BGP table version 1, neighbor version 0
   Index 1, Offset 0, Mask 0x2
   0 accepted prefixes
   0 announced prefixes
  Connections established 0; dropped 0
   External BGP neighbor may be up to 255 hops away.
```

```
Next connect timer due in 87 seconds
```

- 查看Switch B的配置结果：

```
SwitchB# show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 1.1.1.1, remote AS 100, local AS 200, external link
 BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
 BGP state = Active
 Last read 00:21:39, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
 Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Route refresh request: received 0, sent 0
 Minimum time between advertisement runs is 30 seconds
For address family: IPv4 Unicast
 BGP table version 1, neighbor version 0
 Index 1, Offset 0, Mask 0x2
 0 accepted prefixes
 0 announced prefixes
Connections established 0; dropped 0
 External BGP neighbor may be up to 255 hops away.
Next connect timer due in 97 seconds
```

6.7.10.2 配置 IBGP

i. 基本拓扑

图 6-19 IBGP基本拓扑图1

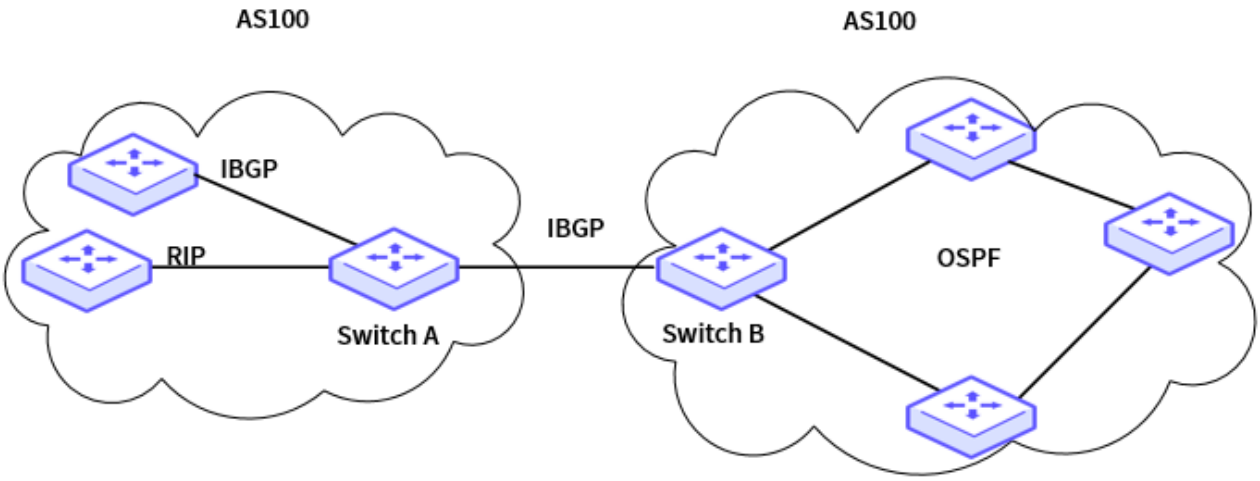
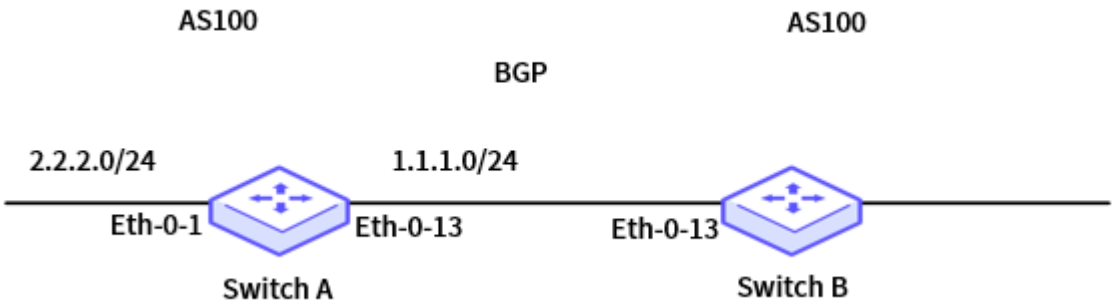


图 6-20 IBGP基本拓扑图2



ii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if) # ip address 1.1.1.1/24	配置 IP 地址为 1.1.1.1/24
Switch(config-if)# exit	退出接口模式
Switch(config)# interface loopback 0	进入接口配置模式
Switch(config-if) # ip address 10.10.10.10/32	配置 IP 地址为 10.10.10.10/32
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 11.11.11.11/32 1.1.1.2	增加一条静态路由
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if) # no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if) # ip address 2.2.2.1/24	配置 IP 地址为 2.2.2.1/24
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 3.3.3.0/24 2.2.2.2	增加一条静态路由
Switch(config)# router bgp 100	创建 BGP 100 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 10.10.10.10	配置 BGP router-id

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# neighbor 11.11.11.11 remote-as 100	配置 IBGP 邻居 AS 号 100
Switch(config-router)# neighbor 11.11.11.11 update-source loopback 0	配置 loopback0 为更新源端口
Switch(config-router)# network 4.0.0.0/8	指定 BGP 路由进程宣告的网络
Switch(config-router)# redistribute static	重分布静态路由到 BGP
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if)# ip address 1.1.1.2/24	配置 IP 地址为 1.1.1.2/24
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface loopback 0	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ip address 11.11.11.11/32	配置 IP 地址为 11.11.11.11/32
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 10.10.10.10/32 1.1.1.1	增加一条静态路由
Switch(config)# router bgp 100	创建 BGP 100 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 11.11.11.11	配置 BGP router-id
Switch(config-router)# neighbor 10.10.10.10 remote-as 100	配置 IBGP 邻居 AS 号 100
Switch(config-router)# neighbor 10.10.10.10 update-source loopback 0	配置 loopback0 为更新源端口
Switch(config-router)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

iii. 命令验证

- 检查Switch A的配置结果:

```
SwitchA# show ip bgp neighbors

    BGP neighbor is 11.11.11.11, remote AS 100, local AS 100, internal link
     BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
     BGP state = Active
```

```
Last read 00:02:32, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
Route refresh request: received 0, sent 0
Minimum time between advertisement runs is 5 seconds
Update source is loopback0
For address family: IPv4 Unicast
BGP table version 1, neighbor version 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2
0 accepted prefixes
0 announced prefixes
Connections established 0; dropped 0
Next connect timer due in 62 seconds
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
SwitchB# show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 10.10.10.10, remote AS 100, local AS 100, internal link
BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
BGP state = Active
Last read 00:01:58, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
Route refresh request: received 0, sent 0
Minimum time between advertisement runs is 5 seconds
Update source is loopback0
For address family: IPv4 Unicast
```

```
BGP table version 1, neighbor version 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2
0 accepted prefixes
0 announced prefixes
Connections established 0; dropped 0
Next connect timer due in 17 seconds
```

7 网络管理配置指导

一般来说，用户可以使用 Ping 功能和 Traceroute 功能检测网络的连通性。当用户使用 **ping** 命令测试发现网络出现故障后，可以用 **traceroute** 命令分析出现故障的网络节点。本章节主要介绍 Ping 功能和 Traceroute 功能及其配置。

7.1 网络诊断配置

7.1.1 Ping 功能简介

Ping 是一个计算机网络的管理工具，用于测试一台主机通过 IP 协议的可达性和衡量每次从源主机到目的主机的时间 (Round-Trip Time, RTT)。

Ping 通过向目的主机发送 ICMP Echo 请求报文，等待 ICMP 回应来实现。在运作过程中，它会测量每一次发送到接收到响应的时间间隔 (Round-Trip Time, RTT)，并且记录所有的丢包。如果源主机在有效时间间隔内收到来自目的主机的 ICMP Echo 应答消息，则说明目的地可达; 反之，则不可达。如果目的地可达，用户能根据测试结果汇总的数据诊断网络质量。这个结果会显示接收到的所有报文的情况，包括最小、最大和平均的 RRT，有时系统会打印平均的标准偏差值。

7.1.1.1 Ping 配置

配置 **ping** 命令来检测到一个网络内的某个主机的可达性以及统计信息。如不可达，一般可能有五种结果：目标不可达、网段不可达、主机不可达、端口不可达或超时。该命令可以在公网内或 VRF 内配置。

表 7-1 Ping 配置

命令	操作	说明
ping [**ip** | **mgmt-if**] *host-address*	检测一个网络内的某个主机的可达性以及统计信息	host-address：要检测的主机地址，支持 IPv4 和 IPv6 地址
ping vrf *vrf-name* [**-a** *source-ip-address* | **-si** *if-name* | **-m** *interval* | **-c** *count* | **-s** *data-size* | **-f** | **-tos** *tos-value* | **-h** *ttl-value* | **-t** *timeout* | **-p** *pattern*] * *host-address*		vrf-name：VRF 实例名 source-ip-address：源 IP 地址 **si** if-name:指定 ping 报文的源端口 interval：指定报文发送间隔，单位：毫秒，取值范围为 10~10000 count：指定发送报文数量，取值范围为 1~4294967295 data-size：指定发送报文的数据长度，单位：字节，取值范围是 20~9600 tos-value：指定报文中 TOS 值，取值范围为 0~255 ttl-value：指定报文中 TTL 值,取值范为 1~255
ping [**mgmt-if**] **ipv6** *host-address* [**interface** *if-name*]		
ping ipv6 [**-a** *source-ip-address* | **-m** *interval* | **-c** *count* | **-s** *data-size* | **-h** *ttl-value* | **-t** *timeout* | **-tc** *traffic-class* | **-p** *pattern*] * *host-address* [**interface** *if-name*]		

命令	操作	说明
		timeout：指定请求报文的超时时间，单位：毫秒，取值范围是 0~65535。当前只支持 1000 的整数倍 pattern：指定最多 16 个填充字节 traffic-class：配置 ping 报文的流量级别 interface if-name：接口名



说明

ping 命令支持 IPv4 网络环境，**ping ipv6** 支持 IPv6 网络环境。

7.1.1.2 配置举例

1. Ping内部接口的IP地址

命令举例	操作
Switch# ping 10.10.29.247	Ping 内部接口的 IPv4 地址 10.10.29.247
Switch# ping ipv6 2001:1000::1	Ping 内部接口的 IPv6 地址 2001:1000::1

2. Ping管理口的IP地址

命令举例	操作
Switch# ping mgmt-if 10.10.29.247	Ping 带外管理口的 IPv4 地址 10.10.29.247
Switch# ping mgmt-if ipv6 2001:1000::1	Ping 带外管理口的 IPv6 地址 2001:1000::1

3. Ping VRF实例的IP地址

命令举例	操作
Switch# ping vrf vrf1 10.10.10.1	Ping VRF 实例的 IP 地址 10.10.10.1

7.1.1.3 命令验证

在管理口上检测一个主机的可达性：

```
Switch# ping mgmt-if 10.10.29.247
PING 10.10.29.247 (10.10.29.247) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.10.29.247: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.194 ms
64 bytes from 10.10.29.247: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.131 ms
64 bytes from 10.10.29.247: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.134 ms
64 bytes from 10.10.29.247: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.121 ms
64 bytes from 10.10.29.247: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.135 ms
--- 10.10.29.247 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 3996ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.121/0.143/0.194/0.025 ms
Switch # ping mgmt-if ipv6 2001:1000::1
PING 2001:1000::1(2001:1000::1) 56 data bytes
```

```
64 bytes from 2001:1000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.291 ms
64 bytes from 2001:1000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.262 ms
64 bytes from 2001:1000::1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.264 ms
64 bytes from 2001:1000::1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.270 ms
64 bytes from 2001:1000::1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.274 ms
--- 2001:1000::1 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 3997ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.262/0.272/0.291/0.014 ms
```

7.1.2 Traceroute 功能简介

Traceroute 是一个在 IP 网络中用于测量路由选路和报文传输时间的工具。Traceroute 向目的主机发送一个 ICMP 序列报文，通过 TTL 参数跟踪通过的中间路由。中间路由器减少通过报文的 TTL 参数值，当 TTL 值为 0 时丢弃报文并回送一个 ICMP 超时报文 (ICMP Timer Exceeded) 给发送源。

7.1.2.1 Traceroute 配置

该命令用来查看 IPv4 或 IPv6 报文从当前设备传到目的设备所经过的路径。

表 7-2 Traceroute 配置

命令	操作	说明
traceroute [**ip** | **ipv6** | **mgmt-if**] *host-address*	查看从当前设备传到目的设备所经过的路径	vrf-name：VRF 实例名 host-address：需要检测的主机地址 source-ip-address：指定源
traceroute vrf *vrf-name* [-**a** *source-ip-address* | -**si** *if-name*] *host-address*		

命令	操作	说明
		IP 地址，默认为出端口的 IP 地址 if-name：指定 traceroute 报文的源端口

说明

traceroute 命令支持 IPv4 网络环境，**traceroute ipv6** 支持 IPv6 网络环境。

7.1.2.2 配置举例

Traceroute 内部接口的 IP 地址：

命令举例	操作
Switch# traceroute 1.1.1.2	Traceroute 内部接口的 IP 1.1.1.2
Switch# traceroute ipv6 2001:1000::1	Traceroute 内部接口的 IP 2001:1000::1

7.1.2.3 命令验证

查看到 1.1.1.2 这个主机所经过的路径：

```
Switch# traceroute 1.1.1.2
traceroute to 1.1.1.2 (1.1.1.2), 30 hops max, 38 byte packets
 1  1.1.1.2 (1.1.1.2)  112.465 ms  102.257 ms  131.948 ms
```

7.2 NTP 配置

7.2.1 简介

当交换机的系统时间不准确时，通过手工配置可以修改系统时间，但在大型网络应用中不适合采用这种方法，设备数量的增多会导致工作量增加、效率低下且极易存在误差。

NTP（Network Time Protocol，网络时间协议）为不同网络设备之间实现时间同步的协议。通过 NTP 能测量内网的传输延迟以及客户端与服务器之间的时间差。NTP 使 LAN 内的设备时间同步，精度达到毫秒级，也可以使 WAN 上的设备时间同步，精度达到百毫秒级。NTP 时间分布式的分层特性使用户能通过一个 Stratum（层级）选择需要的精度。一台时间服务器，放置在这个架构的高端（低层级），提供了高精度的 UTC 标准时间。

NTP 的工作模式有客户端/服务器模式、对等体模式、广播模式等，其中，最常用的工作模式即客户端/服务器模式。主机可作为时间服务器，提供精准的时间到其他主机；主机也可作为客户端，向服务器请求时间同步。在同一条链路的主机也可既充当客户端又当服务器，将精准的时间从一个主机转发到另一个主机上。例如，将交换机作为客户端，内网网络设备（交换机、路由器或专门的 NTP 服务器）作为服务器，使客户端与服务器之间实现时间同步。配置 NTP 客户端之前请确认 NTP 服务器已开启 NTP 服务。

7.2.2 配置 NTP

7.2.2.1 配置 NTP 服务器与 NTP 对端

如下表，配置设备同步 NTP 服务器/NTP 对端，可以指定版本号等信息。如果指定源接口或者源 IP 地址，将会使用对应的 IP 地作为发出报文的源 IP 地址。

表 7-3 配置 NTP 服务器

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ntp server { *hostname* | *ipv4-address* | ipv6-address } [**key** *key-id* | **prefer** | **version** *number* | **maxpoll** *power-of-two* | **minpoll** *power-of-two*] [**source-interface** *if-name* | **source-ip** *source-ip-address* | **mgmt-if**]	配置设备与 NTP 服务器同步	host-name：NTP 服务器的主机名 ipv4-address：NTP 服务器的 IPv4 地址 ipv6-address：NTP 服务器的 IPv6 地址 key-id：定义认证 key 的值，取值范围是 1～64000 prefer：该 NTP 服务器作为首选服务端 number：NTP 版本(1～4) maxpoll：server 最大轮询时间，取值范围 10~17，默认值为 10 minpoll：server 最小轮询时间，取值范围 4~6，默认值为 6 source-interface IFNAME：指定源接口名称 source-ip A.B.C.D：指定

命令	操作	说明
		源 IP 地址 mgmt-if 指定管理口功能 缺省情况下，设备未与 NTP 服务器同步

NTP 支持客户端/服务器模式，还支持对等体模式。用户根据实际情况可以选择一种或多种工作模式配置时间同步。

表 7-4 配置 NTP 对等体

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ntp peer { *hostname* | *ipv4-address*| *ipv6-address* } [**key** *key-id* | **prefer** | **version** *number* | **maxpoll** *power-of-two* | **minpoll** *power-of-two*] [**source-interface** *if-name* | **source-ip** *source-ip-address*]	配置设备与 NTP 对等体同步	host-name：NTP 对端的主机名 ipv4-address：NTP 对端的 IPv4 地址 ipv6-address：NTP 对端的 IPv6 地址 key-id：定义认证 key 的值，取值范围是 1～64000 prefer：该 NTP 服务器作为首选服务端 number：NTP 版本(1~4)

命令	操作	说明
		maxpoll：server 最大轮询时间，取值范围 10~17，默认值为 10 minpoll：server 最小轮询时间，取值范围 4~6，默认值为 6 source-interface IFNAME：指定源接口名称 source-ip A.B.C.D：指定源 IP 地址 缺省情况下，设备未与 NTP 对端同步

说明

配置设备与 NTP 服务器和 NTP 对端同步的区别：

客户端/服务器模式中，客户端能和 NTP 服务器的时间同步，但 NTP 服务器不能与客户端的时间同步。而对端模式下的本设备和对端设备可以实现相互同步。

7.2.2.2 配置 NTP 认证

当使能 NTP 认证功能时，设备会使用信任的 key 加密与 NTP server 同步时间。

表 7-5 配置 NTP 认证

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ntp authentication enable	使能 NTP 认证	缺省情况下，未使能 NTP 认证功能
ntp key *key-id value*	配置 NTP 认证 key	key-id：定义认证 key 的值，取值范围是 1～64000 value：认证 key 值 缺省情况下，未配置 NTP 认证 key
ntp trustedkey *key-id*	配置 NTP 信任的认证 key	key-id：定义认证 key 的值，取值范围是 1～64000 缺省情况下，未配置 NTP 信任的认证 key

7.2.2.3 配置 NTP 访问控制条目

表 7-6 配置 NTP ACE

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ntp ace { *host-name* | *ip-address* } [**mask** *address-mask*] { **version** | **kod** | **ignore** | **noquery** | **nomodify** | **notrap** |	创建 NTP 访问控制条目	ip-address: NTP 服务器/对端设备的 IP 地址 host-name: NTP 服务器/

命令	操作	说明
noserve | **nopeer** | **notrust** | **limited** | **none** }		对端设备的名称 mask-address: 地址掩码 ipv6-address: NTP 服务器/对端设备的 IPv6 地址
ntp ace { *host-name* | *ipv6-address* } [**mask** *mask-address*] { **version** | **kod** | **ignore** | **noquery** | **nomodify** | **notrap** | **noserve** | **nopeer** | **notrust** | **limited** | **none** }	创建 IPv6 NTP 访问控制条目	

7.2.2.4 配置端口禁止/允许接收 NTP 报文

用户可以配置端口不处理接收的 NTP 报文，该配置为一个可选配置。

表 7-7 配置端口禁止/允许接收 NTP 报文

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
ntp disable	在端口上禁止接收 NTP 报文	缺省情况下，所有接口都接收 NTP 报文
no ntp disable	在端口上允许接收 NTP 报文	

7.2.2.5 配置 NTP 层级

表 7-8 配置 NTP 层级

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ntp refclock stratum *number*	配置 NTP 层级	number: 配置 NTP 层级，取值范围为 1~15 缺省情况下，未配置 NTP 层级

7.2.3 NTP 显示与维护

表 7-9 NTP 显示与维护

命令	操作	说明
show ntp	显示当前 NTP 配置信息	-
show ntp ace	显示 NTP 的访问控制条目信息	-
show ntp associations	显示 NTP 邻居的状态	-
show ntp key	显示 NTP 密钥的信息	-
show ntp status	显示 NTP 的状态信息	-
show ntp statistics	显示 NTP 的统计信息	-
clear ntp statistics	清除 NTP 的统计信息	-

7.2.4 配置举例

7.2.4.1 配置步骤

i. 配置接口VLAN 10

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10	添加 VLAN 10 到数据库
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-26	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switch access vlan 10	添加端口到 VLAN 10
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan10	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-if)# ip address 6.6.6.5/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出 VLAN 配置模式

ii. 配置NTP客户端

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ntp key 1 serverkey	配置 NTP 信任的认证 key
Switch(config)# ntp server 6.6.6.6 key 1	配置 NTP 服务器的 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ntp authentication enable	使能 NTP 认证功能
Switch(config)# ntp trustedkey 1	一旦使能认证功能，客户端交换机仅发送 time-of-day 请求到信任 NTP 服务器
Switch(config)# ntp ace 6.6.6.6 none	配置 NTP 的访问控制条目

iii. 配置NTP服务器

1 显示接口eth1的IP地址

```
[root@localhost octeon]# ifconfig eth1

eth1    Link encap:Ethernet  HWaddr 00:08:C7:89:4B:AA
        inet addr:6.6.6.6  Bcast:6.6.6.255  Mask:255.255.255.0
        inet6 addr: fe80::208:c7ff:fe89:4baa/64 Scope:Link
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:3453 errors:1 dropped:0 overruns:0 frame:1
        TX packets:3459 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:368070 (359.4 KiB)  TX bytes:318042 (310.5 KiB)
```

2 通过ping检查网络连接

```
[root@localhost octeon]# ping 6.6.6.5

    PING 6.6.6.5 (6.6.6.5) 56(84) bytes of data.
```

```
64 bytes from 6.6.6.5: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.951 ms
64 bytes from 6.6.6.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.811 ms
64 bytes from 6.6.6.5: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.790 ms
```

3 配置ntp.conf

```
[root@localhost octeon]# vi /etc/ntp.conf

server  127.127.1.0 # local clock
fudge   127.127.1.0 stratum 5
#
# Drift file.  Put this in a directory which the daemon can write to.
# No symbolic links allowed, either, since the daemon updates the file
# by creating a temporary in the same directory and then rename()'ing
# it to the file.
#
driftfile /var/lib/ntp/drift
broadcastdelay  0.008
broadcast 6.6.6.255
#
# PLEASE DO NOT USE THE DEFAULT VALUES HERE. Pick your own, or
remote
# systems might be able to reset your clock at will. Note also that
# ntpd is started with a -A flag, disabling authentication, that
# will have to be removed as well.
#
#disable auth
keys      /etc/ntp/keys
```

```
trustedkey 1
```

4 配置keys

```
[root@localhost octeon]# vi /etc/ntp/keys
#
# PLEASE DO NOT USE THE DEFAULT VALUES HERE. Pick your own, or remote
# systems might be able to reset your clock at will. Note also that
# ntpd is started with a -A flag, disabling authentication, that
# will have to be removed as well.
#
1 M serverkey
```

5 启动NTPD服务器

```
[root@localhost octeon]# ntpd
```

说明

- 如果用户不需要使用认证功能，可以在ntp.conf文件以及在设备上去使能NTP认证功能；
- NTP服务器的Stratum号必须小于当前客户端的Stratum号

7.2.4.2 命令验证

显示当前 NTP 的配置信息：

```
Switch# show ntp
Current NTP configuration:
============================================================
NTP access control list:
 6.6.6.6 none
Unicast peer:
Unicast server:
 6.6.6.6 key 1
Authentication: enabled
Local reference clock:
Switch# show ntp status
Current NTP status:
============================================================
clock is synchronized
stratum:       7
reference clock: 6.6.6.6
frequency:     17.365 ppm
precision:     2**20
reference time:  d14797dd.70b196a2  ( 1:54:37.440 UTC   Thu Apr  7 2011)
root delay:     0.787 ms
root dispersion: 23.993 ms
peer dispersion: 57.717 ms
clock offset:   -0.231 ms
stability:      6.222 ppm
Switch# show ntp associations
Current NTP associations:
```

```
          remote        refid     st   when poll reach   delay   offset  disp
       ==============================================================================
*6.6.6.6        127.127.1.0    6   50  128   37     0.778   -0.234  71.945
       synchronized, + candidate, # selected, x falsetick, . excess, - outlier
```

7.3 RMON 配置

7.3.1 简介

RMON（Remote Network Monitoring）是 Internet 工程任务组（IETF）定义的监测规范，它可以使网络监控器和控制台系统之间交换网络监测数据。用户可以结合 RMON 和交换机中的简单网络管理协议（SNMP）代理来监控网络中流经交换机的数据流量。RMON 是一种标准的监测规范，在 SNMP 的基础上与其框架兼容，拓展了 SNMP 的功能，更有效地对远程设备进行管理和监测。监控者可以通过控制台系统或监测器收集数据，更好地规划网络、优化性能，还可以提供全面的网络故障诊断。

RMON 在网络管理中对监控的设备主要实现统计功能与告警功能。统计功能主要用于监测端口的使用情况，如网络冲突数、过大或过小的数据报文数量、广播或多播的报文数量、接收字节数等；告警功能对告警变量进行监控，如端口的统计数据。当监控的 MIB 值超过上限阈值时，通过 SNMP 模块给管理设备发送告警信息。

7.3.2 配置 RMON

7.3.2.1 配置 RMON 统计功能

根据统计对象的不同，进一步划分 RMON 的统计功能，可以分为以太网统计功能及历史统计功能。

表 7-10 配置 RMON 以太网统计功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
rmon collection stats *stats-id* [**owner** *word*]	为端口创建一条统计表项	stats-id: RMON 统计的 ID，取值范围为 1～65535 word: 指定统计的归属人信息 缺省情况下，未创建统计表项

下表的命令用于创建历史控制表项，收集端口在指定时间内收到的各类报文。buckets 用于指定保留的统计量，interval 用于指定收集报文的周期。

表 7-11 配置 RMON 历史统计功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
rmon collection history *index* [**buckets** *numbs*] [**interval** *values*] [**owner** *word*]	为端口创建一条历史控制表项	index: RMON 历史统计的 ID，取值范围为 1～65535 numbs: 设置保留历史记录数量，取值范围为 1～1024 values:统计的频率，单位：秒，取值范围为 1～3600

命令	操作	说明
		word: 指定统计的归属人信息 缺省情况下，未创建历史控制表项

7.3.2.2 配置 RMON 告警功能

当监控数据的值达到阈值时，会产生 RMON 告警事件，此时会根据事件的定义对告警进行处理，即指定该事件被触发时进行的操作（记录日志、发送工作）。

表 7-12 创建事件表项

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
rmon event *index* [**description** *info*] [**log**] [**trap** *string*] [**owner** *word*]	创建事件表项	index: 事件 ID，取值范围为 1～65535 string: Trap 的 community 参数 info: 对事件的描述或注释 word: 事件的归属人信息 缺省情况下，未创建事件表项

表 7-13 创建告警表项

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
rmon alarm *index variables* **interval** *values* { **delta** | **absolute** } **rising-threshold** *holds1* [**event** *numbs1*] **falling-threshold** *holds2* [event *numbs2*] [**owner** *word*]	创建告警表项	index: 警告 ID，取值范围为 1～65535 variables: 警告监控的 MIB 节点(etherStatsEntry.m.n) values: 指定警告监控 MIB 节点的周期，单位：秒，取值范围为 1～65535 holds1: 设置上限阀值，取值范围为 -2147483648~2147483646 numbs1: 指定警告上限阀值触发的 RMON 事件，取值范围为 1～65535 holds2: 设置下限阀值，取值范围为 -2147483648~2147483646 numbs2: 指定警告下限阀值触发的 RMON 事件，取值范围为 1～65535 word: 事件的归属人信息 缺省情况下，未创建告警表项

7.3.3 RMON 显示与维护

表 7-14 RMON 显示与维护

命令	操作	说明
show rmon statistics [*statistics-id*]	显示 RMON 所有或指定的的统计信息	statistics-id: 统计 ID，取值范围为 1～65535
show rmon history [*history-id*]	显示 RMON 所有或指定的历史信息	history-id: 历史记录 ID，取值范围为 1～65535
show rmon event [*event-id*]	显示 RMON 所有或指定的事件	event-id: 事件 ID，取值范围为 1～65535
show rmon alarm [*alarm-id*]	显示 RMON 所有或指定的告警	alarm-id: 告警 ID，取值范围为 1～65535

7.3.4 配置举例

7.3.4.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# rmon collection stats 1 owner test	创建一条统计表项：统计 ID 为 1，用于记录端口的统计

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# rmon collection history 1 buckets 100 interval 1000 owner test	在端口创建一条统计历史记录表项：编号为 1，每 1000 秒记录一次端口统计值，一共保留 100 次
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# rmon event 1 log trap public description test_event owner test	创建一条事件表项：事件 ID 为 1。如果触发该事件系统会发送日志和告警
Switch(config)# rmon alarm 1 etherStatsEntry.6.1 interval 1000 delta rising-threshold 1000 event 1 falling-threshold 1 event 1 owner test	创建一条警告表项，关注 ETHERSTATSBROADCASTPKTS 这个值，每 1000 秒统计一次，如果超过 1000 或者低于 1 都会触发事件 1

7.3.4.2 命令验证

- 显示RMON所有的统计信息：

```
Switch# show rmon statistics
 Rmon collection index 1
    Statistics ifindex = 1, Owner: test
    Input packets 0, octets 0, dropped 0
    Broadcast packets 0, multicast packets 0, CRC alignment errors 0, collisions 0
    Undersized packets 0, oversized packets 0, fragments 0, jabbers 0
    # of packets received of length (in octets):
```

```
64: 0,  65-127: 0, 128-255: 0

256-511: 0,  512-1023: 0, 1024-max: 0
```

- 显示RMON所有的历史信息：

```
Switch# show rmon history

    History index = 1
      Data source ifindex = 1
      Buckets requested = 100
      Buckets granted = 100
      Interval = 1000
      Owner: test
```

- 显示RMON所有的事件信息：

```
Switch# show rmon event

    Event Index = 1
      Description: test_event
      Event type Log & Trap
      Event community name: public
      Last Time Sent = 00:00:00
      Owner: test
```

- 显示RMON所有的告警信息：

```
Switch# show rmon alarm

    Alarm Index = 1
    Alarm status = VALID
```

```
Alarm Interval = 1000
Alarm Type is Delta
Alarm Value = 00
Alarm Rising Threshold = 1000
Alarm Rising Event = 1
Alarm Falling Threshold = 1
Alarm Falling Event = 1
Alarm Owner is test
```

7.4 SNMP 配置

7.4.1 简介

SNMP（Simple Network Management Protocol，简单网络管理协议）是网络管理系统（NMS）和代理进程（Agent）之间的通信协议。它规定了在网络环境中对设备进行监视和管理的标准化管理框架、通信的公共语言、相应的安全和访问控制机制。网络管理员使用 SNMP 功能可以查询设备信息、修改设备的参数值、监控设备状态、自动发现网络故障、生成报告等。

7.4.1.1 SNMP 技术优势

SNMP 具有以下技术优点：

- 基于 TCP/IP 互联网的标准协议，传输层协议一般采用 UDP。
- 自动化网络管理。网络管理员可以利用 SNMP 平台在网络上的节点检索信息、修改信息、发现故障、完成故障诊断、进行容量规划和生成报告。
- 屏蔽不同设备的物理差异，实现对不同厂商产品的自动化管理。SNMP 只提供最基本的功能集，使得管理任务与被管设备的物理特性和实际网络类型相对独立，从而实现对不同厂商设备的管理。

- 简单的请求—应答方式和主动通告方式相结合，并有超时和重传机制。
- 报文种类少，报文格式简单，方便解析，易于实现。
- SNMPv3 版本提供了认证和加密安全机制，以及基于用户和视图的访问控制功能，增强了安全性。

7.4.1.2 SNMP 结构

SNMP 的主要架构可分为 NMS、Agent 和 MIB，它们的定义如下：

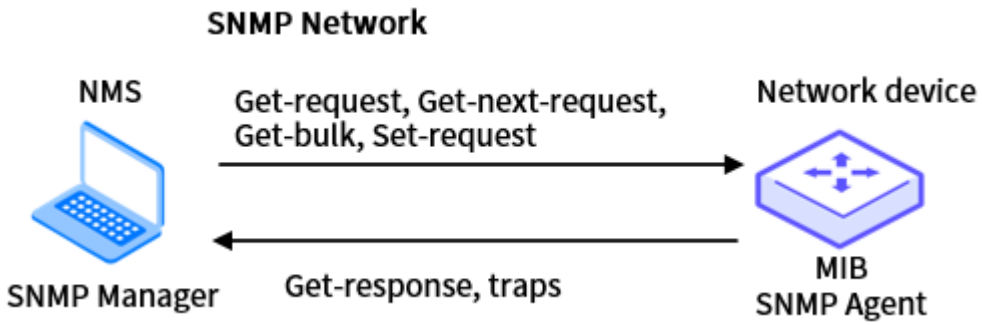
NMS（Network Management System，网络管理系统）：网管系统的控制台，又称为管理站。能够向管理者提供统一的用户界面，以获取设备的相关信息。

Agent：是 SNMP 的访问代理，实现设备与 NMS 之间的通信。Agent 收到 NMS 的请求信息后，将查询或修改的结果发送给 NMS。如遇设备故障或事件发生时，Agent 也会发送 Trap 信息给 NMS，告知设备的状态和变化。

MIB（Management Information Base，管理信息库）：MIB 是被管理对象的集合，定义了代理进程中能够查询与修改的参数。管理站和代理通过 MIB 进行接口的统一，NMS 可对代理中的管理对象进行读/写操作，从而实现对代理的管理和控制。

NMS、Agent 与 MIB 的关系如下图所示：

图 7-1 SNMP网络拓扑图



7.4.1.3 SNMP 版本

SNMP 共有 SNMPv1、SNMPv2c 与 SNMPv3 三个版本。SNMPv1 与 SNMPv2c 都具备读/写 MIB 的功能，采用团体名认证机制。SNMPv2c 对 SNMPv1 进行了功能的拓展，比如批量获取数据、增加警报等。SNMPv3 在 SNMPv2c 的基础上增加了 USM（User-Based Security Model，基于用户的安全模型）认证机制，通过数据加密和用户认证的功能，增强了 NMS 与 Agent 之间通信的安全性。

7.4.2 配置 SNMP

7.4.2.1 配置 SNMPv1/SNMPv2c 的属性

1. 配置SNMPv1/ SNMPv2c的基本属性

表 7-15 配置 SNMPv1/ SNMPv2c 的基本属性

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
snmp-server enable	使能 SNMP 功能	缺省情况下，SNMP 功能处于关闭状态
snmp-server system-contact *text*	（可选）配置设备管理者联系方式	缺省情况下，未配置管理者联系方式。可通过配置文件查看管理员的联系方式
snmp-server system-location *text*	（可选）配置设备放置位置的描述信息	缺省情况下，未配置该描述信息。可通过配置文件查看描述信息
snmp-server version { **all** | **v1** | **v2c** | **v3** }	启用 SNMPv1/ SNMPv2c 版本	缺省情况下，配置系统支持的 SNMP 的版本为 all

命令	操作	说明
snmp-server engineID *engineid-string*	（可选）配置本地设备的 SNMP 的引擎 ID	engineid-string: 引擎 ID 字符串必须为偶数个十六进制数。取值范围为 10~64 个字符
snmp-server view *view-name* { **included** | **excluded** } *sub-tree* [**mask** *subtree-mask*]	（可选）创建或更新 SNMP 视图	view-name: 创建或更新的视图名称 sub-tree: MIB 对象子树 subtree-mask: MIB 对象子树掩码 缺省情况下，未创建 SNMP 视图
snmp-server community *string* { **read-only** | **read-write**} [**view** *view-name*] [**ipv6**]	配置 SNMP 的团体属性	string: 团体名，取值为 1~31 个字符的字符串。空格表示不允许访问；缺省情况下，未配置 SNMP 的团体属性
snmp-server context *context-name*	（可选）配置 SNMP 的上下文	context-name: 上下文名称 缺省情况下，未配置 SNMP 的上下文

2. 配置SNMPv1/ SNMPv2c的通告属性

表 7-16 配置 SNMPv1/ SNMPv2c 的通告属性

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
snmp-server trap enable *notification-type*	使能相关的 SNMP 通告类型	缺省情况下，关闭设备发送指定类型的 Trap
snmp-server trap target-address [**mgmt-if**] { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **community** *string* [**udpport** *number*]	配置系统产生的 Trap 发送到指定的服务器	Trap 支持接收服务器的 IPv4 地址/IPv6 地址； string：团体名称 number：Trap 发送的端口号，默认端口号为 162

7.4.2.2 配置 SNMPv3 的属性

1. 配置SNMPv3的基本属性

表 7-17 配置 SNMPv3 的基本属性

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
snmp-server enable	使能 SNMP 功能	缺省情况下，SNMP 功能处于关闭状态
snmp-server system-contact *text*	（可选）配置设备管理者联系方式	缺省情况下，未配置管理者联系方式。可通过配置文件查看管理员的联系方式
snmp-server system-location *text*	（可选）配置设备放置位置的描述信息	缺省情况下，未配置该描述信息。可通过配置文件查看该描述符

命令	操作	说明
snmp-server version { **all** | **v1** | **v2c** | **v3** }	启用 SNMPv3 版本	缺省情况下，配置系统支持的 SNMP 的版本为 all
snmp-server engineID *engineid-string*	（可选）配置本地设备的 SNMP 的引擎 ID	engineid-string: 引擎 ID 字符串必须为偶数个十六进制数。取值范围为 10~64 个字符
snmp-server view *view-name* { **included** | **excluded** } *sub-tree* [**mask** *subtree-mask*]	（可选）创建或更新 SNMP 视图	view-name: 创建或更新的视图名称 sub-tree: MIB 对象子树 subtree-mask: MIB 对象子树掩码 缺省情况下，未创建 SNMP 视图
snmp-server usm-user *user-name* [**remote** *engine-id*] [**authentication** { **md5** | **sha** }] [8] *auth-password* [**privacy** { **aes** | **des** } [8] *privpassword*]	配置 SNMPv3 用户	user-name: 连接到代理设备的用户名 engine-id: 用户所属远程设备的引擎 ID auth-password: 配置认证密码 privpassword: 指定加密密码
snmp-server group *group-name* **user** *user-name* **security-model usm**	（可选）创建 SNMPv3 组	group-name: SNMPv3 组名 user-name: 用户名

命令	操作	说明
snmp-server access *group-name* **security-model usm** { **auth** | **noauth** | **priv** }	（可选）配置 MIB 视图的访问控制属性	group-name: SNMPv3 组名
snmp-server community *string* { **read-only** | **read-write**} [**view** *view-name*] [**ipv6**]	配置 SNMP 的团体属性	string: 团体名，取值为 1~256 个字符的字符串。空格表示不允许访问缺省情况下，未配置 SNMP 的团体属性
snmp-server context *context-name*	（可选）配置 SNMP 的上下文	context-name: 上下文名称 缺省情况下，未配置 SNMP 的上下文

2. 配置SNMPv3的通告属性

表 7-18 配置 SNMPv3 的通告属性

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
snmp-server trap enable *notification-type*	使能相关的 SNMP 通告类型	notification-type:通告类型，如果使用“all”参数。系统将使能使用该命令的所有通告类型。 缺省情况下，关闭设备发送指定类型的 Trap

命令	操作	说明
snmp-server notify *notify-name* **tag** *tag-name* [**inform** | **trap**]	配置 SNMPv3 的通告	notify-name: 通告名 tag-name: 标记名
snmp-server target-address *host-name* **param** *param-name* [**mgmt-if**]{ *ipv4-address* | *ipv6-address*} [**udpport** *port* | **timeout** *number* | **retries** *times*] * [**taglist** *line*]	指定允许接收 SNMP 请求报文的目的主机	host-name: 远程目的主机名称 param-name: 地址参数表名（必须是本地已经配置的地址参数名） port: UDP 端口号，默认值 162 number: 超时时间，取值范围为 0~65535，默认值为 1500 times: 重传次数，取值范围为 0~255，默认值为 3 line: 标记列表，用于标识发送通告和转发消息到其上的目的地址，可以配置多个值，中间使用空格隔开（最多支持 128 个），最大长度 255 个字符
snmp-server target-params *params-name* **user** *user-name* **security-model v3 message-processing** { **auth** | **noauth** | **priv** }	将用户加入 SNMPv3 组内	params-name: 地址参数表名 user-name: 用户名

7.4.3 SNMP 显示与维护

表 7-19 SNMP 显示与维护

命令	操作	说明
show snmp	显示 SNMP 的服务信息	-
show snmp-server access [*group-name*]	显示 SNMP 的访问控制信息	group-name: 指定组名
show snmp-server community	显示 SNMP 团体信息	-
show snmp-server context	显示 SNMP 的上下文信息	-
show snmp-server engineID	显示 SNMP 的引擎 ID 信息	-
show snmp-server group [*group-name*]	显示 SNMP 组的信息，如组名、安全模式、视图、存储类型等	group-name: 指定组名
show snmp-server notify [*group-name*]	显示 SNMP 通告信息	group-name: 指定组名
show snmp-server trap-receiver	显示 SNMP 的 traps 接收主机	-
show snmp-server usm-user [*user-name*]	显示 SNMP 的用户信息	user-name: 指定用户名

命令	操作	说明
show snmp-server version	显示支持的 SNMP 版本	-
show snmp-server view [*view-name*]	显示 SNMP 视图配置信息	view-name: 指定视图名

7.4.4 配置举例

7.4.4.1 启用 SNMP 服务

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# snmp-server enable	启用 SNMP 服务
Switch(config)# end	退出全局配置模式

ii. 命令验证

显示 SNMP 配置信息：

```
Switch# show running-config

snmp-server enable
```

7.4.4.2 配置团体字符串

用户可以使用 SNMP 团体字符串来定义 SNMP 管理者和代理之间的关系。团体字符串的作用和密码类似，通过配置团体字符串允许访问代理交换机。用户可以指定一个或多个团体字符：

- 一个 MIB 视图定义了所有团体可访问的 MIB 对象子集。
- 设置访问的 MIB 对象的读/写权限。

按照下列步骤在交换机上配置团体字符串，以下步骤配置完成后，就可以实现 SNMP 的基本读写功能。

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# snmp-server view DUT included 1	（可选）配置一个视图名“DUT”
Switch(config)# snmp-server community public read-write view DUT	配置团体名字 “public”，读写权限，可访问的视图为 “DUT”
Switch(config)# end	退出全局配置模式

ii. 命令验证

查看配置后的团体名信息：

```
Switch# show running-config

  snmp-server enable
  snmp-server view DUT included .1
  snmp-server community public read-only view DUT
```

7.4.4.3 配置 SNMPv1/SNMPv2c/SNMPv3 通告

i. 配置SNMPv1/SNMPv2c通告

1. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# snmp-server trap enable all	开启所有 Trap
Switch(config)# snmp-server trap target-address 10.0.0.2 community public	配置目的 IPv4 地址以及团体名 Public
Switch(config)# snmp-server trap target-address 2001:1000::1 community public	配置目的 IPv6 地址以及团体名 Public
Switch(config)# end	退出全局配置模式

2. 命令验证

查看配置 SNMPv1/SNMPv2c 通告后的信息：

```
Switch# show running-config

    snmp-server trap target-address 10.0.0.2 community public
    snmp-server trap target-address 2001:1000::1 community public
    snmp-server trap enable vrrp
    snmp-server trap enable igmp snooping
    snmp-server trap enable ospf
    snmp-server trap enable pim
    snmp-server trap enable stp
```

```
snmp-server trap enable system
snmp-server trap enable coldstart
snmp-server trap enable warmstart
snmp-server trap enable linkdown
snmp-server trap enable linkup
```

ii. 配置SNMPv3通告

1. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# snmp-server trap enable all	开启所有 Trap
Switch(config)# snmp-server notify notif1 tag tmptag trap	创建一个 Trap 消息条目
Switch(config)# snmp-server target-address targ1 param parm1 10.0.0.2 taglist tmptag	配置目的 IPv4 地址
Switch(config)# snmp-server target-address t1 param p1 2001:1000::1 taglist tag1	配置目的 IPv6 地址
Switch(config)# snmp-server target-params parm1 user usr1 security-model v3 message-processing v3 noauth	将用户加入到 SNMPv3 组内
Switch(config)# end	退出全局配置模式

2. 命令验证

查看配置 SNMPv3 通告后的信息：

```
Switch# show running-config
snmp-server notify notif1 tag tmptag trap
snmp-server target-address t1 param p1  2001:1000::1 taglist tag1
snmp-server target-address targ1 param parm1  10.0.0.2 taglist tmptag
snmp-server target-params parm1 user usr1 security-model v3 message-processing v3 noauth
snmp-server trap enable vrrp
snmp-server trap enable igmp snooping
snmp-server trap enable ospf
snmp-server trap enable pim
snmp-server trap enable stp
snmp-server trap enable system
snmp-server trap enable coldstart
snmp-server trap enable warmstart
snmp-server trap enable linkdown
snmp-server trap enable linkup
```

7.4.4.4 配置 SNMPv3 的基本属性

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# snmp-server engineID 8000123456	配置 engine ID
Switch(config)# snmp-server usm-user usr1 authentication md5 mypassword privacy des yourpassword	配置用户名和密码以及验证类型
Switch(config)# snmp-server group grp1 user usr1 security-model usm	创建 SNMPv3 组
Switch(config)# snmp-server access grp1 security-model usm noauth	设置组内成员的权限
Switch(config)# end	退出全局模式

ii. 命令验证

显示 SNMPv3 组的相关配置信息：

```
Switch# show running-config

snmp-server engineID 8000123456

snmp-server usm-user usr1 authentication md5 mypassword privacy des yourpassword
```

```
snmp-server group grp1 user usr1 security-model usm

snmp-server access grp1 security-model usm noauth
```

7.5 sFlow 配置

7.5.1 简介

sFlow 即 Sampled Flow，是一种监控网络设备流量转发情况的技术。sFlow 系统中包含多个 sFlow Agent 与一个 sFlow Collector，通过一种采样机制以一定速率采样，获取设备流量转发的统计信息。然后将采样信息发送到监控的 sFlow Collector 进行分析。一个 sFlow Collector 可以对若干个 sFlow Agent 进行分析并得出结果,在 Server 端可以参看多个 Agent 的流量情况。

sFlow 为用户提供两种类型的采样机制分析流量的转发情况：

Flow 采样：基于数据包的流量进行采样，在指定端口根据特定的采样方向和报文进行比对和分析，通过 sFlow 报文将分析的结果发送给 sFlow Collector。

Counter 采样：基于端口的统计信息进行采样，周期性地获取端口的统计信息并通过 sFlow 报文发送给 sFlow Collector。

7.5.2 配置 sFlow

7.5.2.1 全局使能 sFlow

在进行 sFlow 的其他配置前，必须先使用此命令全局使能 sFlow 服务。如果使用此命令的 **no** 形式，所有 sFlow 的配置将会被清空。

表 7-20 全局使能 sFlow

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
sflow enable	全局开启 sFlow 服务	缺省情况下，sFlow 服务处于关闭状态

7.5.2.2 配置 sFlow Agent 与 sFlow Collector

表 7-21 配置 sFlow Agent 与 sFlow Collector

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
sflow enable	全局开启 sFlow 服务	缺省情况下，sFlow 服务处于关闭状态
sflow agent { **ip** *ipv4-address* | **ipv6** *ipv6-addres* }	配置 sFlow Agent 的 IP 地址	如果没有配置 sFlow 代理地址，系统将会使用第一个合法的 router-id 作为代理地址，并且不会再改变
sflow collector { *ipv4-address* | *ipv6-address* } [*port-number*]	配置 sFlow Collector 的 IP 地址	port-number: 收集服务器的接收 UDP 端口号，取值范围为 1~65535。如果未指定，使用默认值 6343

7.5.2.3 配置 Flow 采样

Flow 采样速率数值可以简单地理解为一次有多少个报文可以进入芯片采样。数值 1 表示 100%采样。但由于芯片是通过计算概率的方式实现，所以并不一定严格按照这个数字进行采样。系

统对报文进行采样时会将报文的前 256 字节封装到 sFlow 协议报文中。系统对基于统计和基于报文的采样都是通过软件实现的，如果采样速率配置的很低，CPU 利用率就会非常高。另外 CPU 流量控制模块将 sFlow 采样报文上 CPU 的速率限制为 400kbps，如果用户要求高的采样速率可以修改这个值。

下面的命令可以在非 link agg 成员的物理口上配置，也可以在 link agg 端口上配置。

表 7-22 配置 Flow 采样

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
sflow enable	全局开启 sFlow 服务	缺省情况下，sFlow 服务处于关闭状态
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
sflow flow-sampling rate *rate-value*	配置基于报文的采样的速率	rate-value: 基于报文采样的速率必须是 2 的整数幂，可配范围为 1~8192。采样速率的默认值为 8192
sflow flow-sampling enable { **input** | **output** | **both** }	在端口上使能基于报文的采样功能	缺省情况下，去使能基于报文的采样功能

7.5.2.4 配置 Counter 采样

基于统计的采样是指每个采样间隔内，系统会将端口上的统计信息通过 sFlow 协议报文送往采样收集服务器。

表 7-23 配置 Counter 采样

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
sflow enable	全局开启 sFlow 服务	缺省情况下，sFlow 服务处于关闭状态
sflow counter interval *interval-value*	配置基于统计的采样间隔	interval-value: 采样间隔，单位：秒，可配范围为 1~2000。默认值为 20s
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
sflow counter-sampling enable	在端口上使能基于统计的采样功能	缺省情况下，去使能基于统计的采样功能

7.5.3 sFlow 显示与维护

表 7-24 sFlow 显示与维护

命令	操作	说明
show sflow	查看 sFlow 的配置信息	-

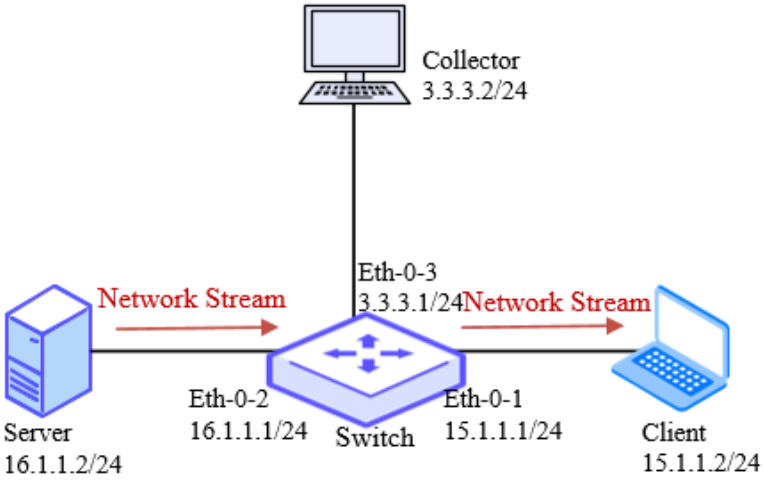
7.5.4 配置举例

7.5.4.1 介绍

下图是 sFlow 的一个基本配置：所有进入端口 eth-0-1 的报文将会以一定速率采样，然后发送给 Collector PC 3.3.3.2。

7.5.4.2 拓扑

图 7-2 sFlow基本配置拓扑图



7.5.4.3 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# sflow enable	全局使能 sFlow
Switch(config)# sflow counter interval 20	配置基于统计的采样间隔
Switch(config)# sflow agent ip 3.3.3.1	配置 sFlow Agent 的 IPv4 地址
Switch(config)# sflow collector 3.3.3.2 6342	配置 sFlow Collector 的 IPv4 地址及 UDP 端口号
Switch(config)# sflow collector 2001:1000::1	配置 sFlow Collector 的 IPv6 地址
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# sflow flow-sampling rate 8192	配置基于报文的采样速率
Switch(config-if)# sflow flow-sampling enable input	端口上使能基于报文的采样功能
Switch(config-if)# sflow counter-sampling enable	端口上使能基于统计的采样功能
Switch(config-if)# no switchport	将端口切换到 3 层口
Switch(config-if)# ip address 15.1.1.1/24	配置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出至全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	切换到 3 层口
Switch(config-if)# ip address 16.1.1.1/24	配置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# exit	退出至全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	切换到 3 层口
Switch(config-if)# ip address 3.1.1.1/24	配置端口的 IP 地址

7.5.4.4 命令验证

显示 sFlow 的配置信息：

```
Switch# show sflow

    sFlow Global Information:
     Agent IP address          : 3.3.3.1
     Agent IPv6 address        : 2026::2
     Counter Sampling Interval    : 20 seconds
     Collector 1:
      Address: 3.3.3.2
      Port: 6342
     Collector 2:
      Address: 2001:1000::1
      Port: 6343
    sFlow Port Information:
                              Flow-Sample   Flow-Sample
     Port      Counter    Flow     Direction    Rate
     ---------------------------------------------------
     eth-0-1    Enable     Enable   Input      8192
```

7.6 LLDP 配置

7.6.1 简介

链路层发现协议 LLDP（Link Layer Discovery Protocol）是 IEEE 802.1ab 中定义的第二层发现协议。第二层发现（Layer 2 Discovery）可以准确定位设备附带有哪些接口，以及设备之间相互连接等二层信息，例如端口的 VLAN 属性和支持的协议类型等，并显示出客户端、交换机、路由器和应用服务器以及网络服务器之间的路径。这些详细的信息以 MIB（Management

Information Base，管理信息库）的方式存储，对快速获取相连设备的拓扑状态、设备间的配置冲突、查询网络失败的根源很有帮助。

7.6.1.1 工作原理

LLDP 实体主要维护本地设备与远端设备的 MIB 信息，通过与物理拓展 MIB、实体 MIB、接口 MIB 等信息库之间的交互更新与维护本地设备的 MIB，再将本地设备的信息封装为 LLDP 帧发送至远端设备，远端设备收到这些信息后会将其更新至远端系统 MIB。当本地或远端系统的 MIB 发生变化时，会触发通告事件。

7.6.1.2 基本概念

LLDPDU: 封装有 LLDP 数据单元的报文称为 LLDP 帧，有两种封装格式：Ethernet II 和 SNAP（Subnetwork Access Protocol，子网访问协议）。

TLV: LLDPDU 采用 TLV (Type + Length + Value) 的格式。TLV 包括多种类型，基本类型中有端口描述 TLV、系统名称 TLV、系统描述 TLV、系统能力 TLV、管理地址 TLV，这些是强制性的 TLV，还包括组织定义的 TLV 以及 MED TLV。

7.6.1.3 收发机制

LLDP 发送报文机制：开启 LLDP 功能后，设备会周期性地发送 LLDP 报文至邻居设备。当本地设备的配置有变时，邻居设备会收到来自本地设备的 LLDP 报文。由于可能产生因本地信息的变化过多，导致频繁发送报文的情况，每次发送一个 LLDP 报文会有延迟，经过这个延迟时间后才会发送下一个 LLDP 报文。

LLDP 接收报文机制：开启 LLDP 功能后，设备对接收的 LLDP 报文及其 TLV 进行检查，有效性检查通过后才会将信息保存回本地，并按照 Time To Live（TTL，生存时间）设置邻居在本地设备的老化时间。当 TTL 的值为零时，邻居信息会立即被老化。

7.6.2 配置 LLDP

7.6.2.1 使能 LLDP 功能

在启用 LLDP 功能前，必须同时在全局和接口上使能 LLDP。

表 7-25 全局与接口使能 LLDP 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
lldp enable	全局使能 LLDP 功能	缺省情况下，全局 LLDP 功能处于关闭状态
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
lldp enable { **txonly** | **txrx** | **rxonly** }	接口使能 LLDP 功能	缺省情况下，接口上的 LLDP 功能处于关闭状态

7.6.2.2 配置 LLDP 系统信息

表 7-26 配置 LLDP 系统名称与描述

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
lldp system-name *name*	配置 LLDP 系统名称信息	name: 系统名称，取值范围为 1~64
lldp system-description *des*	配置 LLDP 系统描述信息	des: 系统描述，长度范围为 1~255，允许空格

7.6.2.3 配置 LLDP 管理地址

配置的管理地址优先于配置的接口，如果两者都没有配置，系统将会按照环回接口、管理口、其他三层接口、系统 MAC 地址的顺序，使用默认管理地址。同类接口中将使用 IP 地址较小的接口。

表 7-27 配置 LLDP 管理地址

命令举例	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
lldp management { **ip** *ip-address* | **interface** *if-name* }	配置管理 IP 地址	ip-address: IPv4 地址 if-name: 接口名，需为三层端口

7.6.2.4 配置 LLDP 报文发送参数

表 7-28 配置 LLDP 报文发送参数

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
lldp msg-tx-hold *number*	配置 tx TTL 的值	number: 取值范围为 2~ 10，默认值为 4
lldp timer msg-tx-interval *interval-value*	配置传送周期的时间间隔	interval-value: 取值范围为 5~32768，默认值为 30s
lldp timer tx-delay *delay-time*	配置传输延迟	delay-time: 取值范围为 1~8192，默认值为 2s。tx-delay 的值需要遵守公式：1

命令	操作	说明
		<= tx-delay <= (0.25)* msg-tx-interval

7.6.2.5 配置 TLV 类型

可以配置的基本 TLV 类型包括端口描述 TLV、系统名称 TLV、系统描述 TLV、系统能力 TLV、管理地址 TLV 以及所有基本 TLV。

表 7-29 配置基本 TLV

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
lldp tlv basic { **port-description** | **system-name** | **system-description** | **system-capabilities** | **management-address** | **all** }	配置基本 TLV	缺省情况下，配置基本 TLV 为 all

用户还可以配置 IEEE 802.1 组织定义的 TLV、802.3 组织定义的 TLV。

表 7-30 配置组织定义的 TLV

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-

命令	操作	说明
lldp tlv 8021-org-specific { **port-vlan** | **protocol-vlan** | **vlan-name** | **protocol-id** | **link-aggregation** | **dcbx** | **all** }	配置 IEEE 802.1 组织定义的 TLV	缺省情况下，除 Link Aggregation TLV 的所有 IEEE 802.1 TLV 都已使能
lldp tlv 8023-org-specific { **mac-phy-cfg** | **power** | **link-aggregation** | **max-frame-size** | **all** }	配置 IEEE 802.3 组织定义的 TLV	缺省情况下，配置 IEEE 802.3 TLV 为 all

根据实际情况，可以选择配置媒体终端发现（MED：Media Endpoint Discovery）TLV。当选择配置 MED 的某一个 TLV 时，LLDP-MED Capabilities TLV 会自动被选择；而当没有选择其他的 MED TLV 时，会自动取消 LLDP-MED Capabilities TLV 的选择。

表 7-31 配置 MED TLV 与 MED Location-id TLV

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
lldp tlv med { **network-policy** | **ext-power** | **inventory** | **all** }	配置 MED TLV	缺省情况下，配置 MED TLV 为 all
lldp tlv med location-id { **ecs-elin** *value* | **civic** *dev-type code ca-type ca-value* }	配置 MED Location-id TLV	dev-type: 设备类型，有效值为 -2，0 表示配置设备类型为 DHCP server，1 表示配置设备类型为 switch，2 表示配置设备类型为 lldp-med endpoint

命令	操作	说明
		code: 国家编码，取值范围请参考 ISO 3166。 ca-type ca-value: 地址信息，最多可以有 10 组, ca-type 的范围是 0~255，ca-value 的长度范围是 1~232

7.6.3 LLDP 显示与维护

表 7-32 LLDP 显示与维护

命令	操作	说明
show lldp local { **config** | **tlv-info** } [**interface** *if-name*]	显示 LLDP 的本地信息	if-name: 物理端口名称
show lldp neighbor [**interface** *if-name*] [**brief**]	显示 LLDP 邻居信息	
show lldp statistics [**interface** *if-name*]	显示 LLDP 统计信息	
clear lldp statistics [**interface** *if-name*]	清除 LLDP 统计信息	

7.6.4 配置举例

7.6.4.1 LLDP 基本配置举例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# lldp enable	全局使能 LLDP
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config)# no shutdown	打开端口
Switch(config-if)# no lldp tlv 8021-org-specific vlan-name	取消配置 IEEE 802.1 TLV 中的 VLAN Name TLV
Switch(config-if)# lldp tlv med location-id ecs-elin 1234567890	选择并配置 MED TLV 中的 Location ID TLV
Switch(config-if)# lldp enable txrx	端口使能 LLDP，并配置模式为 txrx

7.6.4.2 LLDP 状态配置举例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# lldp timer msg-tx-interval 40	配置 LLDP 报文传输间隔为 40 秒
Switch(config)# lldp timer tx-delay 3	配置 LLDP 报文传输延迟为 3 秒
Switch(config)# lldp timer reinit-delay 1	配置 LLDP 重新使能的延迟时间为 1 秒

7.6.4.3 命令验证

检查上述 LLDP 配置后的结果：

```
Switch# show lldp local config
LLDP global configuration:
============================================================
LLDP function global enabled : YES
LLDP msgTxHold    : 4
LLDP msgTxInterval : 40
LLDP reinitDelay  : 1
LLDP txDelay      : 3
Switch# show lldp local config interface eth-0-9
LLDP configuration on interface eth-0-9 :
============================================================
LLDP admin status : TXRX
Basic optional TLV Enabled:
  Port Description TLV
  System Name TLV
  System Description TLV
  System Capabilities TLV
  Management Address TLV
IEEE 802.1 TLV Enabled:
  Port Vlan ID TLV
  Port and Protocol Vlan ID TLV
  Protocol Identity TLV
IEEE 802.3 TLV Enabled:
  MAC/PHY Configuration/Status TLV
```

```
    Power Via MDI TLV
    Link Aggregation TLV
    Maximum Frame Size TLV
  LLDP-MED TLV Enabled:
    Med Capabilities TLV
    Network Policy TLV
    Location Identification TLV
    Extended Power-via-MDI TLV
    Inventory TLV
Switch# show running-config
!
lldp enable
lldp timer msg-tx-interval 40
lldp timer reinit-delay 1
lldp timer tx-delay 3
…
interface eth-0-9
lldp enable txrx
 no lldp tlv 8021-org-specific vlan-name
 lldp tlv med location-id ecs-elin 1234567890
!
Switch# show lldp neighbor
Remote LLDP Information
============================================================
Chassis ID type: Mac address
Chassis ID    : 48:16:be:a4:d7:09
```

```
Port ID type   : Interface Name
Port ID        : eth-0-9
TTL : 160
Expired time: 134
...
Location Identification :
ECS ELIN: 123456789
```

8 设备管理配置指导

8.1 系统日志配置

8.1.1 简介

系统消息可以保存在日志文件中，也可以发送到其他服务器设备。系统消息管理模块的功能如下：

- 记录日志信息以便监测和排除故障
- 可以选择记录日志信息的类型
- 可以选择日志的目的地

默认情况下，交换机会将重要的系统信息记录到其内部缓冲区，同时也会发送到系统控制台。用户可以指定保存的消息级别，且每条消息都会添加发生时间，有利于实时调试和提高管理性。

用户可以使用交换机的命令行界面（CLI）来读取系统消息，也可以通过将它保存到一个日志服务器的形式来获取消息。交换机的日志缓冲区最多可存储 3000 条信息。用户可以通过 Telnet 或控制台端口登录设备，登录成功后打开终端监控来实时监控系统日志。

8.1.2 配置系统日志

8.1.2.1 配置日志文件与严重级别

配置启用日志文件功能后，系统每隔 10 分钟会将产生的日志信息写入到 flash/log 文件中。

表 8-1 配置日志文件

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
logging file { enable | disable }	配置是否将日志信息写入到日志文件中	缺省情况下，系统会将日志信息写入到日志文件中

8.1.2.2 配置日志服务器

配置使用远程日志服务器后，需要配置日志服务器的 IP 地址、发往远程日志服务器的日志信息的阈值以及日志的守护进程。进程名与其编号的对应关系如下表所示。

表 8-2 进程名与其编号的对应关系

进程名	进程名编号	描述
auth	4	认证系统
authpriv	10	私有的安全/验证系统
cron	9	时钟进程
daemon	3	系统进程
ftp	11	FTP 进程
kern	0	Kernel 消息
local0–7	16-23	保留本地定义的信息
lpr	6	行式打印机子系统
mail	2	邮件系统
news	7	网络新闻子系统

进程名	进程名编号	描述
syslog	5	通过 syslogd 生成系统内部消息
user	1	随机用户等级消息
uucp	8	UUCP 子系统

表 8-3 配置日志服务器

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
logging server enable	使能远程日志服务器	缺省情况下，未使能远程日志服务器
logging server address [**mgmt-if**] { *ipv4-address* | *ipv6-address* } [**source-interface** *if-name* | **source-ip** *src-ip-address*]	配置日志服务器的 IP 地址	如果指定源接口或者源 IP 地址，将会使用对应的 IP 地作为发出报文的源IP地址
logging server severity { **alert** | **critical** | **debug** | **emergency** | **error** | **information** | **notice** | **warning** | *severity-level* }	配置远程日志服务器的日志信息等级	severity-level：严重等级的取值范围为 0～7； 如果设置阈值为 debug，则所有日志消息都将被发往日志服务器；缺省情况下，严重等级为 information

命令	操作	说明
logging server facility *facility-type*	配置服务器的日志守护进程	缺省情况下，默认进程为 local4

8.1.2.3 配置缓冲区的日志条目数

表 8-4 配置缓冲区的日志条目数

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
logging buffer *buffersize*	配置系统临时缓冲区保存的日志数量	日志数量的取值范围为 10~3000，默认值为 500

8.1.3 显示与维护

表 8-5 显示与维护

命令	操作	说明
show logging	显示系统日志管理的配置信息	-
show logging buffer [*number* | **statistics**]	显示系统的日志缓冲区的配置信息	number：显示存储在日志缓冲区的条目
more flash:/syslog	显示系统的文件内容，也可以显示日志的信息	
clear logging buffer	清除日志缓冲区中的记录	-

8.1.4 配置举例

8.1.4.1 配置日志服务器示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# logging server enable	启用 LOG Server
Switch(config)# logging server address 1.1.1.1	指定 LOG Server IPv4 地址
Switch(config)# logging server address 2001:1000::2	指定 LOG Server IPv6 地址
Switch(config)# logging server severity debug	配置日志服务器的日志信息等级
Switch(config)# logging operate enable	设置发送操作日志

ii. 命令验证

显示系统日志管理的配置信息：

```
Switch# show logging

    Current logging configuration:
    ============================================================
    logging buffer 500
    logging timestamp bsd
```

```
logging file enable
logging level module debug
logging server enable
logging server severity debug
logging server facility mail
logging server address 1.1.1.1
logging server address 2001:1000::2
logging alarm-trap enable
logging alarm-trap level middle
logging merge enable
logging merge fifo-size 1024
logging merge timeout 10
logging operate enable
```

8.1.4.2 配置缓冲区日志条目

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# logging buffer 700	配置日志缓冲区的条目数为 700

ii. 命令验证

显示配置缓冲区日志条目数后的信息：

```
Switch# show logging
Current logging configuration:
============================================================
```

```
logging buffer 700
logging timestamp bsd
logging file enable
logging level module debug
logging server enable
logging server severity debug
logging server facility mail
logging server address 1.1.1.1
logging alarm-trap enable
logging alarm-trap level middle
logging merge enable
logging merge fifo-size 1024
logging merge timeout 10
logging operate disable
```



说明

用户可以通过 **show** 命令来检查显示日志配置。配置 syslog 服务器时，请确保连线正确，这个可以通过使用 **ping** 命令来验证。同时用户也需要在日志服务器上配置 syslog 软件来接收日志。

8.2 镜像配置

8.2.1 简介

镜像功能通过将某一端口、某一 VLAN 或 CPU 收/发端的报文复制一份，从设备的另一个端口上发送出去，在这个端口连上测试仪或其他报文收集设备，可达到对原始报文进行捕获和分析的目的。

只有指定端口、VLAN 或 CPU 收发端的报文可以通过镜像复制，这些被监控的对象（源端口、源 VLAN 或源 CPU）称作镜像源。镜像功能监测的是镜像源，而不是流量的“源”。例如，对一个 VLAN 的入方向流量做镜像时，从其他 VLAN 转发到这个 VLAN 的报文不会被复制，而这个 VLAN 收到并转发去其他 VLAN 的流量会被复制。

镜像功能不影响交换机源端口或源 VLAN 上原始的网络流量，通过源端口发送或接收的报文可以被复制，复制出来的流量将发送到指定的目的端口。

8.2.1.1 术语解释

1. 镜像会话

镜像会话的定义与特性如下：

- 镜像会话是一组镜像源和一个镜像目的的集合，其中镜像源可以是任意端口或者VLAN，镜像目的可以是二层或者三层物理接口。
- 系统最多支持三组镜像会话。
- 镜像功能不应干扰正常业务。

在一组镜像会话中，如果镜像源的总流量超过了镜像目的端口的转发能力，就会产生丢包现象。例如，用一个最大速率为 10Mbps 的目的端口去监控 100Mbps 的流量，将会产生丢包。一个正常工作的镜像会话需要配置镜像目的端口，以及至少一个镜像源。

2. 流量类型

镜像会话包括三种流量类型：

- 接收方向镜像（RX）：对一个端口或VLAN做接收方向的镜像，在系统对这些报文做任何修改和处理之前，将这个端口或VLAN上的收到的流量尽可能完整、真实地复制出来。

  对于镜像源端口来说，存在一定限制：无法通过镜像复制 CRC 错误的报文；对于镜像源 VLAN 来说，也有一定的限制：BPDU、LACPDU、BMGPDU 报文、IP-MAC 绑定检查不通过的报文以及 CRC 错误的报文，不能被镜像复制。复制到目的端口的报文，应该和镜像源收到的报文完全一致。
- 发送方向镜像（TX）：对一个端口或VLAN做发送方向的镜像，尽可能真实地将这个端口或VLAN上的发送出去的流量复制出来。从端口或VLAN送出之前就被丢弃的报文，不会被镜像复制。当镜像源为VLAN时，来自CPU的报文不能被镜像复制。
- 双向镜像（BOTH）：在一个镜像会话中，用户可以监控同一个镜像源上接收和发送两个方向的报文流量。

3. 镜像源

源端口（也称为被监测端口）是一个需要被监控或分析的二层或三层端口。源 VLAN（也称为被监测 VLAN）是一个需要被监控或分析的 VLAN。在一个镜像会话中，用户可以监控一个或多个镜像源上接收（RX）、发送（TX）、或双向的流量。系统支持任意多个镜像源端口（等同于系统最多可用端口数）和任意多个镜像源 VLAN（等同于系统最多可用 VLAN 数）。

源端口特性如下：

- 可以是任何端口类型（例如，以太网端口）
- 只能在一个镜像会话中被监视
- 不能为一个镜像会话的目的端口

每个镜像源端口或镜像源 VLAN 可以配置不同的方向（入口、出口或双向）来监视。对于端口聚合组，监控方向适用于该组中的所有物理端口。

需要注意以下三点内容：

- 镜像源端口可以在相同或不同的 VLAN 中。
- 要配置镜像源 VLAN，必须先创建 VLAN 接口。
- 聚合组的成员端口不能单独配置成镜像源。

4. 目的端口

每个镜像会话必须有一个目的端口（也称为监测端口），接收镜像功能复制出来的报文。目的端口特性如下：

- 必须和镜像源处在同一台设备上。
- 可以是任何物理端口。
- 聚合组的成员端口不能配置为镜像目的端口。
- 只能在一个镜像会话中作为目的端口。
- 不能配置为任何镜像会话的镜像源端口。
- 端口不能传输任何镜像功能以外的流量。
- 当镜像会话在执行时，该端口不能使用 STP。
- 该端口的所有其他系统功能的相关配置继续保留，但是不能工作。直到此端口不再作为镜像会话的目的端口。
- 镜像目的端口不学习 MAC。
- 实时速率/双工状态可能会和显示的数值不一致。

8.2.1.2 镜像类型

根据源端口与目地端口所处的位置（是否处于一台设备上），镜像可分为本地镜像与远程镜像：

- 本地镜像：源端口与目标端口处在同一台设备上，实现源端口数据报文到目标端口的镜像，连接在目标端口上的监控设备对经过源端口的数据报文进行监控分析。
- 远程镜像：源端口与目标端口处在不同的设备上通过二层网络连接，源端口将报文发送到目的端口后，由目的端口发送报文到监控设备，实现跨设备的数据报文分析。

8.2.2 配置镜像源

8.2.2.1 配置镜像源端口

镜像源端口可以是物理端口，也可以是聚合端口。

表 8-6 配置镜像源端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **source interface** *if-name* [**both** | **tx** |**rx**]	配置镜像源端口	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3 如果没有指明方向（双向、发送、接收），那么默认为双向

8.2.2.2 配置镜像源 VLAN

配置镜像源 VLAN 之前，必须先在“vlan database”模式下创建 VLAN，且在全局创建 VLAN 接口。下表仅显示该命令功能及参数解释。详细的配置步骤可参见 8.2.6.1。

表 8-7 配置镜像源 VLAN

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
monitor session *session-id* **source vlan** *vlan-id* [**both** | **tx** |**rx**]	配置镜像源 VLAN	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3 vlan-id: 镜像源 VLAN，取值范围为 1~4094 如果没有指明方向（双向、发送、接收），那么默认为双向

8.2.2.3 配置镜像源 CPU

表 8-8 配置镜像源 CPU

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **source cpu** [**both** | **tx** |**rx**]	配置镜像源 CPU	session-id: 镜像会话编号，有效值为 1，只支持在 session 1 上配置； 如果没有指明方向（双向、发送、接收），那么默认为双向

8.2.3 配置镜像目的

8.2.3.1 配置镜像目的端口

镜像目的端口只能是物理端口，不能为 VLAN 端口或者聚合端口。同一个镜像会话只能有一个镜像目的，不能同时配置本地镜像目的端口和远程镜像目的 VLAN。

表 8-9 配置镜像目的端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **destination interface** *if-name*	配置镜像目的端口	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3

8.2.3.2 配置镜像目的为 CPU

表 8-10 配置镜像目的为 CPU

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **destination cpu**	配置镜像目的为 CPU	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3

说明

配置镜像 CPU 的目的端口与镜像源后，还可在全局配置模式下配置以下命令：

1.使用 **monitor cpu set packet buffer** *number* 命令配置镜像 CPU 的报文存储空间大小；

2.使用 **cpu-traffic-limit reason mirror-to-cpu rate** *rate-value* 与 **cpu-traffic-limit reason mirror-to-cpu class** *class-value* 命令，配置镜像报文的速率和优先级；

3.使用 **monitor cpu capture strategy** { **replace** | **drop** }命令，配置镜像 CPU 的抓包策略。

8.2.3.3 创建镜像目的端口组

只有一个镜像会话可以配置为镜像目的端口组，一个目的端口组可以配置多个镜像目的端口。

表 8-11 创建镜像目的端口组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **destination group** *group-id*	创建镜像目的端口组	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3 group-id: 镜像目的端口组编号，取值范围为 1~32

8.2.3.4 配置接口加入目的端口组

创建目的端口组后，可以配置镜像目的组的目的端口，在配置多目的端口镜像时会使用该命令，详细配置请参见 8.2.6.2。

表 8-12 配置接口加入目的端口组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **destination group** *group-id*	创建镜像目的端口组	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3 group-id: 镜像目的端口组编号，取值范围为 1~32
member *if-name*	配置接口加入目的端口组，成为目的端口组的成	if-name: 镜像目的端口组成员端口

命令	操作	说明
	员	

8.2.4 配置远程镜像

8.2.4.1 配置远程镜像的目的 VLAN 与出端口

在配置远程端口镜像目的 VLAN 之前，必须先在"vlan database"中配置该 VLAN，且出端口只能是物理端口。为了防止出端口中出现泛洪的报文，影响观察结果，可以将默认 VLAN 移出该端口。下表仅介绍命令功能与参数解释，远程镜像的详细配置请参见 8.2.6.3。

表 8-13 配置目的 VLAN 与出端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor session *session-id* **destination remote vlan** *vlan-id* **interface** *if-name*	创建远程镜像的目的 VLAN 与出端口	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3 vlan-id: 远程端口镜像的目的 VLAN，有效范围 2-4094 if-name: 镜像报文的出端口

8.2.4.2 配置 MAC Escape 功能

MAC Escape 表项只对远程镜像有效，不影响本地镜像。配置了 MAC Escape 表项以后，报文的目的地址匹配到表项时，就不会被远程镜像复制。

全局最多支持两个表项。删除的时候如果不指定 MAC 地址和 MAC 地址掩码，将会删除所有表项。

表 8-14 配置 MAC Escape 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
monitor mac escape *mac-address mask-address*	创建远程镜像的 MAC Escape 功能	mac-address: MAC 地址，格式为 HHHH. HHHH. HHHH mask-address: MAC 地址掩码，格式为 HHHH. HHHH. HHHH

8.2.5 显示与维护

表 8-15 显示与维护

命令	操作	说明
show monitor [**session** *session-id*]	显示镜像的相关配置信息	session-id: 镜像会话编号，取值范围为 1~3; 如果不指定镜像会话号，所有表项都会被显示
show monitor mac escape	显示远程镜像 MAC Escape 的表项	-
show monitor cpu packet { **all** | *packet-id* }	显示镜像 CPU 内存中存储的报文	packet-id: 显示指定报文 ID 的信息

命令	操作	说明
show monitor cpu packet buffer-size	显示镜像 CPU 当前申请的内存空间大小	-
show monitor cpu capture strategy	显示镜像 CPU 当前的抓包策略	-
clear monitor cpu packet all	清除镜像 CPU 内存中存储的报文	-

8.2.6 配置举例

8.2.6.1 配置本地镜像示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch #configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10	创建 VLAN
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# interface vlan10	创建 VLAN 接口
Switch(config-if)# exit	退出 VLAN 接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# monitor session 1 destination interface eth-0-2	指定镜像会话的目的端口
Switch(config)# monitor session 1 source interface eth-0-1 both	指定镜像会话、源端口和监控方向
Switch(config)# monitor session 1 source vlan 10 rx	指定镜像会话和源 VLAN
Switch(config)# end	退出全局配置模式

ii. 命令验证

上述表格中创建了会话 1，用来监控源端口和源 VLAN 的流量。显示镜像会话的相关配置信息：

```
Switch # show monitor session 1

  Session   1
  ----------
  Status          : Valid
  Type            : Local Session
  Source Ports    :
   Receive Only   :
   Transmit Only  :
   Both           : eth-0-1
```

```
Source VLANs    :
  Receive Only   : 10
  Transmit Only  :
  Both           :
Destination Port  : eth-0-2
```

8.2.6.2 配置多目的端口镜像示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch #configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# monitor session 1 destination group 1	创建镜像会话的目的端口组
Switch(config-monitor-d-group)# member	将接口 eth-0-2 加入目的端口组

命令举例	操作步骤
eth-0-2	
Switch(config-monitor-d-group)# member eth-0-3	将接口 eth-0-3 加入目的端口组
Switch(config)# monitor session 1 source interface eth-0-1	指定镜像会话、源端口和监控方向
Switch(config)# end	退出全局配置模式

ii. 命令验证

上述表格创建了会话 1 用以监控源端口流量。显示镜像会话的相关配置信息：

```
Switch # show monitor session 1

    Session  1
    ----------
    Status        : Valid
    Type          : Local Session
    Source Ports  :
     Receive Only  :
     Transmit Only  :
     Both          : eth-0-1
    Source VLANs  :
     Receive Only  :
     Transmit Only  :
     Both          :
    Destination Port  : eth-0-2 eth-0-3
```

8.2.6.3 配置远程镜像示例

1. 配置远程镜像

i. 远程镜像会话简介

远程镜像会话是一组镜像源和一个远程镜像目的的集合，其中远程镜像目的包括一个物理出接口以及一个 VLAN。

在远程镜像源会话中，源端口和 VLAN 的概念和本地镜像一样。

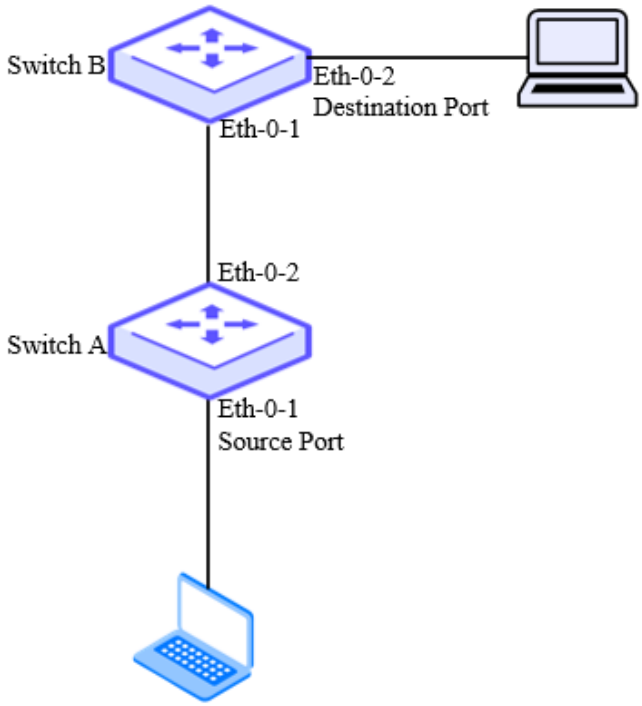
一个远程镜像目的特性如下：

- 是一个指定的端口和一个 VLAN 的组合。
- 远程 VLAN 范围为 2~4094，如果在系统中没有创建 VLAN，用户不能将这个 VLAN 作为远程镜像 VLAN。
- 出端口是一个普通的物理端口，需要用户的配置来保证这个端口可以传输镜像报文，并且不受其他功能的流量所干扰。
- 镜像源的报文将被加上指定的远程 VLAN ID Tag，然后从指定的出接口发出去，到达远端设备。
- 建议使用二层接口为远程镜像的目的端口，并且用户需要将这个端口加入到指定的远程 VLAN 中，否则无法成功发送镜像报文。

ii. 拓扑

如下图，镜像源端口在 Switch A 上，不同的镜像会话通过将镜像复制的报文封装在指定的 VLAN 中，通过网络传递到远端设备 Switch B。

图 8-1 远程镜像拓扑图



iii. 配置方法

Switch A:

命令举例	操作步骤
SwitchA# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchA(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
SwitchA(config-vlan)# vlan 10	创建 VLAN 10
SwitchA(config-vlan)# vlan 15	创建 VLAN 15
SwitchA(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
SwitchA(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
SwitchA(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
SwitchA(config-if)# no shutdown	端口 UP
SwitchA(config-if)# switchport mode trunk	端口模式为 Trunk
SwitchA(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 15	添加 eth-0-2 到 VLAN 15
SwitchA(config-if)# exit	退出接口配置模式
SwitchA(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
SwitchA(config-if)# switchport mode access	端口模式为 Access
SwitchA(config-if)# switchport access vlan 10	添加 eth-0-1 到 VLAN 10
SwitchA(config)# monitor session 1 destination remote vlan 15 interface eth-0-2	指定镜像会话、远程目的 VLAN 和出端口
SwitchA(config)# monitor session 1 source interface eth-0-1 both	指定镜像会话和源端口（镜像端口）
SwitchA(config)# end	退出 EXEC 模式

Switch B：

方法一：使用 **monitor session** *session-id* **source vlan** *vlan-id* 命令得到一份远程镜像报文的拷贝，报文是加标签的。

命令举例	操作步骤
SwitchB# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchB(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
SwitchB(config-vlan)# vlan 15	创建 VLAN 15
SwitchB(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
SwitchB(config)# interface vlan15	进入 VLAN 配置模式
SwitchB(config-if)# exit	退出 VLAN 配置模式
SwitchB(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no shutdown	端口 UP
SwitchB(config-if)# switchport mode access	端口模式为 Access
SwitchB(config-if)# switchport access vlan 15	添加 eth-0-2 到 VLAN 15
SwitchB(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no shutdown	端口 UP
SwitchB(config-if)# switchport mode trunk	端口模式为 Trunk
SwitchB(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 15	添加 eth-0-1 到 VLAN 15

命令举例	操作步骤
SwitchB(config-if)# exit	退出接口配置模式
SwitchB(config)# monitor session 1 destination interface eth-0-2	指定镜像会话和目的地址
SwitchB(config)# monitor session 1 source vlan 15 rx	指定镜像会话和源 VLAN
SwitchB(config)# end	退出 EXEC 模式

方法二：使用 Access 端口获取目的报文（在 Switch B 不需要配置任何镜像会话）

命令举例	操作步骤
SwitchB# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchB(config)# no spanning-tree enable	禁止 STP
SwitchB(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
SwitchB(config-vlan)# vlan 15	创建 VLAN 15
SwitchB(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
SwitchB(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no shutdown	端口 up
SwitchB(config-if)# switchport mode access	端口模式为 Access
SwitchB(config-if)# switchport access vlan 15	添加 eth-0-2 到 VLAN 15

命令举例	操作步骤
SwitchB(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no shutdown	端口 UP
SwitchB(config-if)# switchport mode trunk	端口模式为 Trunk
SwitchB(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 15	添加 eth-0-1 到 VLAN 15
SwitchB(config-if)# exit	退出接口配置模式

方法三：使用 Trunk 端口获取目的报文（在 Switch B 不需要配置任何镜像会话）

命令举例	操作步骤
SwitchB# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchB(config)# no spanning-tree enable	禁止 STP
SwitchB(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
SwitchB(config-vlan)# vlan 15	创建 VLAN 15
SwitchB(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
SwitchB(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no shutdown	端口 UP
SwitchB(config-if)# switchport mode trunk	端口模式为 Trunk

命令举例	操作步骤
SwitchB(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 15	添加 eth-0-2 到 VLAN 15
SwitchB(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
SwitchB(config-if)# no shutdown	端口 UP
SwitchB(config-if)# switchport mode trunk	端口模式为 Trunk
SwitchB(config-if)# switchport trunk allowed vlan add 15	添加 eth-0-1 到 VLAN 15
SwitchB(config-if)# exit	退出接口配置模式

注意

如果使用方法二和方法三，系统会学习镜像报文的 MAC，有可能导致 FDB 表资源耗尽。

iv. 命令验证

方法一中创建了会话 1，用以监控源端口和源 VLAN 的流量。查看镜像的相关配置信息：

```
SwitchA# show monitor session 1

    Session  1
    ----------
    Status          : Valid
```

```
Type          : Remote Session
Source Ports     :
 Receive Only    :
 Transmit Only   :
 Both          : eth-0-1
Source VLANs     :
 Receive Only    :
 Transmit Only   :
 Both          :
Destination Port  : eth-0-2
Destination remote VLAN : 15
SwitchB# show monitor session 1
Session  1
---------
Status        : Valid
Type          : Local Session
Source Ports     :
 Receive Only    :
 Transmit Only   :
 Both          :
Source VLANs     :
 Receive Only    : 15
 Transmit Only   :
 Both          :
Destination Port  : eth-0-2
```

2. 配置MAC Escape远程镜像

i. 简介

MAC Escape 是远程镜像的子功能，它只会影响远程镜像的结果。一个 MAC Escape 条目包括一个 MAC 地址和一个 MAC 掩码。创建 MAC Escape 条目后，MAC-DA 报文相匹配的条目不会镜像到远程目的 VLAN。用户可以通过 MAC Escape 条目防止协议报文镜像到达远端。全局最多可配置两个 MAC Escape 条目。

ii. 配置方法

命令举例	操作步骤
SwitchA# configure terminal	进入全局配置模式
SwitchA(config)# monitor mac escape 00cc.12A9.33D8 ffff.ffff.ffff	创建 MAC Escape 条目
SwitchA(config)# monitor mac escape 00cc.159E.24F0 ffff.ffff.ffff	创建另一个 MAC Escape 条目
SwitchA(config)# end	退出全局配置模式

iii. 命令验证

显示远程镜像 MAC Escape 的表项：

```
SwitchA# show monitor mac escape
    ------------------------------------------------------------
          monitor rspan mac escape database
    ------------------------------------------------------------
    count  : 2
    ------------------------------------------------------------
     Mac    : 00:cc:12:a9:33:d8
```

```
Mask    : ff:ff:ff:ff:ff:ff
Mac     : 00:cc:15:9e:24:f0
Mask    : ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

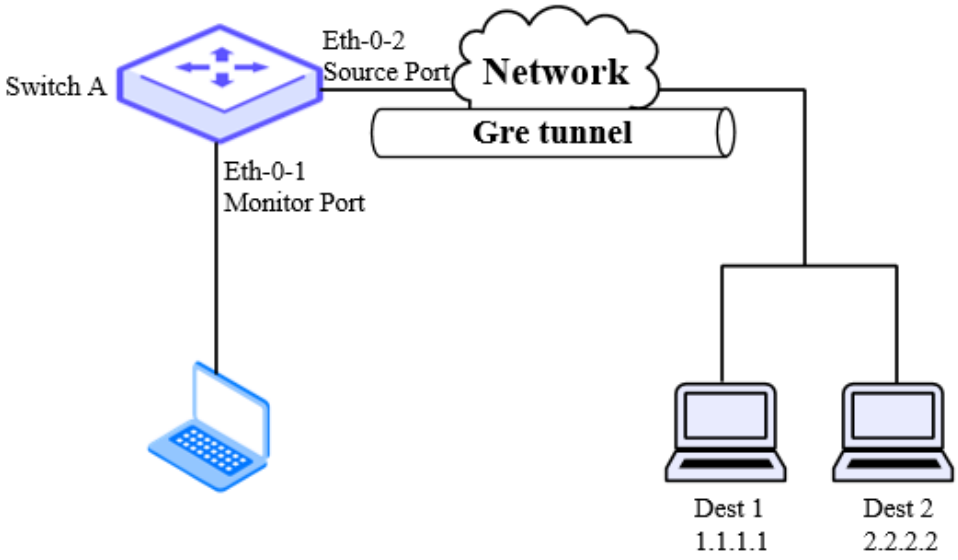
3. 配置ERSPAN远程镜像

i. 简介

在处理一些数据时，需要将交换机上某些端口收发的数据通过三层网络发送给远端的分析仪进行分析。ERSPAN 可以通过 GRE 通道将数据添加 GRE 头部信息后发送给分析仪，监控的过程中不影响数据的正常传输。如果发送的数据很多，ERSPAN 为了降低负载，可以设置将报文负载分担到多个目的分析设备，如下图所示。

ii. 拓扑

图 8-2 ERSPAN远程镜像拓扑图



iii. 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)#exit	退出接口配置模式
Switch(config)#interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	端口模式为 Trunk
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.1/24	配置端口 IP 地址
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)#exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface tunnel1	创建 Tunnel 1 并进入其配置模式
Switch(config-if)# tunnel source eth-0-2	指定 Tunnel 源端口
Switch(config-if)# tunnel multi-destination 1.1.1.1	指定 Tunnel 目的 IP 地址 1
Switch(config-if)# tunnel multi-destination 2.2.2.2	指定 Tunnel 目的 IP 地址 2
Switch(config-if)# tunnel gre key 3333	设定 gre key
Switch(config-if)#exit	退出 Tunnel 1 配置模式
Switch(config)# arp 10.10.10.2	配置 ARP 信息

命令举例	操作步骤
0000.0000.0001	
Switch(config)# arp 11.11.11.2 0000.0000.0002	配置 ARP 信息
Switch(config)# ip route 1.1.1.0/24 10.10.10.2	配置路由信息
Switch(config)# ip route 2.2.2.0/24 10.10.10.2	配置路由信息
Switch(config)# monitor session 1 destination interface tunnel1	指定镜像会话的目的端口
Switch(config)# monitor session 1 source interface eth-0-1 both	指定镜像会话的源端口
Switch(config)# end	退出全局配置模式

iv. 命令验证

显示上述配置的结果：

```
SwitchA# show monitor session 1
Session  1
---------
Status          : Valid
Type            : Local Session
Source Ports    :
 Receive Only   :
 Transmit Only  :
```

```
 Both          : eth-0-1
Source VLANs     :
 Receive Only    :
 Transmit Only   :
 Both            :
Destination Port  : tunnel1
SwitchA# show running-config interface tunnel 1
Building configuration...
!
interface tunnel1
 tunnel source eth-0-2
 tunnel multi-destination 1.1.1.1
 tunnel multi-destination 2.2.2.2
 tunnel gre key 3333
!
```

8.2.6.4 配置 CPU 镜像示例

1. 配置CPU为镜像目的端口

i. 简介

用户可以将某一端口或某一 VLAN 收、发的报文复制一份，从设备的另一个端口上发送出去。接着在这个端口连上测试仪或其他报文收集设备，可达到对原始报文进行捕获和分析的目的。当该端口无法连接测试仪或其他报文收集设备，或者设备资源紧张时，需要将被复制报文发送到 CPU 并被保存下来，便于用户或程序员快速分析报文。将报文复制一份送到 CPU 可以解决硬件资源紧张的问题。目前镜像报文上送 CPU 的速率是系统默认限制速率，也可以由用户指定限制速率。

ii. 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# monitor session 1 destination cpu	配置 CPU 为 session 1 镜像目的端口
Switch(config)# monitor session 1 source interface eth-0-1 both	配置 eth-0-1 为 session 1 的镜像源，方向为 both
Switch(config)# monitor cpu set packet buffer 100	配置 mirror cpu 的内存存储空间大小，最多为 100 个数据包
Switch(config)# cpu-traffic-limit reason mirror-to-cpu rate 128	配置 mirror 到 cpu 的包的速率为 128pps
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

配置 mirror cpu 的抓包策略为 drop，其中 replace 为默认值。

命令举例	操作步骤
Switch(config)# monitor cpu capture strategy drop	配置 mirror cpu 的抓包策略为 drop (当内存空间写满之后，丢弃新的数据包)
Switch(config)# monitor cpu capture strategy replace	配置 mirror cpu 的抓包策略为 replace (当内存空间写满之后，新的数据包替换最旧的数据包)

iii. 命令验证

1. 示例中创建了会话 1 用以监控源端口 eth-0-1 的流量，并通过 **show** 命令查看镜像至 CPU 的报文。可以使用显示会话命令查看配置信息：

```
Switch# show monitor session 1
Session   1
----------
Status          : Valid
Type            : Cpu Session
Source Ports    :
 Receive Only   :
 Transmit Only  :
 Both           : eth-0-1
Source VLANs    :
 Receive Only   :
 Transmit Only  :
 Both           :
Destination Port  : cpu
```

2. 查看报文镜像到 CPU 后内存存储的数据包：

```
Switch# show monitor cpu packet all
----------------show all mirror to cpu packet info----------------
packet: 1
Source port: eth-0-1
MACDA:264e.ad52.d800, MACSA:0000.0000.1111
vlan tag:100
IPv4 Packet, IP Protocol is 0
IPDA:3.3.3.3, IPSA: 10.0.0.2
```

```
Data length: 47
Data:
 264e ad52 d800 0000 0000 1111 8100 0064
 0800 4500 001d 0001 0000 4000 6ad9 0a00
 0002 0303 0303 6365 6e74 6563 796f  75
```

3. 查看配置 mirror cpu 内存 buffer 大小

```
Switch# show monitor cpu packet buffer
--------------------show packet buffer size ---------------------
The mirror-to-cpu packet buffer size of user set is: 100
```

4. 查看配置 mirror cpu 的报文上 CPU 的速率

```
Switch# show cpu traffic-limit | include mirror-to-cpu
mirror-to-cpu          128        0
```

5. 查看 mirror cpu 报文的存储文件

```
Switch# ls flash:/mirror
Directory of flash:/mirror

total 8
-rw-r-----  1 2287 Dec 23 01:16 MirCpuPkt-2016-12-23-01-15-54.txt
-rw-r-----  1 2568 Jan  3 11:41 MirCpuPkt-2017-01-03-11-41-33.txt
14.8T bytes total (7.9T bytes free)
Switch# more flash:/mirror/ MirCpuPkt-2017-01-03-11-41-33.txt
sequence  srcPort
1       eth-0-1
++++++++1483443444:648884
```

```
8c 1d cd 93 51 00 00 00 00 00 11 11 08 00 45 00
00 26 00 01 00 00 40 00 72 d0 01 01 01 01 03 03
03 03 63 65 6e 74 65 63 79 6f 75 63 65 6e 74 65
63 79 6f 75
--------
sequence  srcPort
2        eth-0-1
++++++++1483443445:546440
8c 1d cd 93 51 00 00 00 00 00 11 11 08 00 45 00
00 26 00 01 00 00 40 00 72 d0 01 01 01 01 03 03
03 03 63 65 6e 74 65 63 79 6f 75 63 65 6e 74 65
63 79 6f 75
```

6. 在转换成 pcap 文件后，可以通过 wireshark 打开

```
Switch#ls flash:/mirror
Directory of flash:/mirror

total 12
-rw-r-----  1 2287 Dec 23 01:16 MirCpuPkt-2016-12-23-01-15-54.txt
-rw-r-----  1 2568 Jan  3 11:41 MirCpuPkt-2017-01-03-11-41-33.txt
-rw-r--r--  1  704 Jan  3 13:07 test.pcap
14.8T bytes total (7.9T bytes free)
```

7. 查看 mirror cpu 的抓包策略

```
Switch# show monitor cpu capture strategy

The capture strategy of cpu mirror is: replace (add new packet and remove
```

```
        oldest

         packet when buffer is full)
```

2. 配置CPU为镜像源

i. 简介

用户可以将 CPU 作为镜像源配置，包含 ingress、egress 以及 both 三种方向。当需要将上报 CPU 报文或者将 CPU 下发的报文通过镜像复制某一个端口时，可以启用 CPU 镜像源配置，值得注意的是镜像复制出来的是 **cpu-traffic-limit** 限速之前的报文。目前只允许 session 1 配置 CPU 镜像源。

ii. 配置方法

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# monitor session 1 source cpu both	配置 CPU 为 session 1 镜像源，方向为 both
Switch(config)# monitor session 1 destination interface eth-0-1	配置物理口 eth-0-1 为 session 1 的镜像目的端口
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

iii. 命令验证

显示上述步骤的配置结果：

```
        Switch# show monitor session 1
        Session   1
        ----------
```

```
Status          : Valid
Type            : Cpu Session
Source Ports    :
 Receive Only   :
 Transmit Only  :
 Both           : cpu
Source VLANs    :
 Receive Only   :
 Transmit Only  :
 Both           :
Destination Port  : eth-0-1
```

8.3 设备管理配置

8.3.1 简介

用户可以通过管理端口的方式管理交换机，交换机有以太网口和串口两类管理端口（该部分可参见“登录设备方式介绍”章节）。通过设备管理功能，可以对交换机的温度、风扇、电源、光模块等进行管理。

8.3.2 配置温度管理

8.3.2.1 配置步骤

交换机支持温度告警管理功能。用户可以设置 3 个温度阀值：低温告警阀值，高温告警阀值，超高温断电保护阀值。当交换机温度低于低温告警阀值，或者高于高温告警阀值时，交换机将自动产生告警信息。当交换机温度高于超高温断电保护阀值，交换机将通过自动切断电源来保护系统。

表 8-16 配置温度管理

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	
Switch(config)# temperature 5 70 90	配置系统温度阈值	low: 低温温度的取值范围为 0~50 high: 高温温度的取值范围为 50~85 critical: 高危温度的取值范围为 55~90 缺省情况下，低温温度为 5，高温温度为 75，高危温度为 90，单位：摄氏度
Switch(config)#exit	退出全局配置模式	-

8.3.2.2 命令验证

表 8-17 显示硬件环境信息

命令	操作	说明
show environment	显示硬件环境信息	-

根据上述步骤，验证结果如下：

```
Switch# show environment
    ------------------------------------------------------
    Sensor status (Degree Centigrade):
```

```
Index Temperature  Lower_alarm  Upper_alarm Critical_limit
1    50        5         70        90
```

8.3.3 配置风扇管理

交换机支持自动管理风扇。当风扇盘不在位或者风扇故障时，交换机会自动产生告警信息。如果风扇盘支持风扇速度调节，交换机将根据系统内部的实时温度值自动调节风扇转速。交换机风扇速度调节也有 3 个温度阀值：Tlow=50 度, Thigh=65 度, Tcrit=80 度。当实时温度<Tlow 时，风扇将停止转动；当 Tlow<=实时温度<Thigh 时，风扇将以 30%的速率转动；当 Thigh<=实时温度<Tcrit 时，风扇将以 70%的速率转动；当 Tcrit<=实时温度时，风扇将全速转动。并且这里风扇自动调节还支持温度迟滞 Thyst=2 度。当之前的温度高于某阀值，风扇转速会上升一个级别；当温度又下降到低于该阀值时，风扇转速不会立即下降一个级别，必须等到实时温度比 Thigh-Thyst 的值还低时，才会调节风扇转速，下降一个级别。举例如下：

当前温度为 58 摄氏度，风扇转速为 30% (Tlow<58<Thigh)；

当温度上升到 65 摄氏度时，风扇转速自动调节为 70% (Thigh==65)；

当温度又下降到 63 摄氏度时，风扇转速仍旧为 70% (Thigh-Thyst ==63)；

当温度下降到 62 摄氏度时，风扇转速降为 3% (62<Thigh-Thyst)

说明

Tlow、Thigh、Tcrit 和 Thyst 以及对应的风扇转速都是系统预定义的，不支持用户调节。

虽然不支持用户调节，但可以使用 **show environment** 命令查看风扇状态：

```
Switch# show environment
```

```
Fan tray status:
Index    Status
1        PRESENT
FanIndex   Status SpeedRate Mode
1-1        OK     30%      Auto
1-2        OK     30%      Auto
1-3        OK     30%      Auto
1-4        OK     30%      Auto
-----------------------------------------------------
```

8.3.4 配置电源管理

交换机支持自动电源管理。当某个电源坏掉（双电源模式时）或者电源风扇坏掉，交换机能够自动发出告警信息。当电源模块拔插时，交换机也会发出通告信息。

同样地，用户可以通过命令行指令来查看电源的运行状态：

```
Switch# show environment
-----------------------------------------------------
Power status:
Index   Status   Power   Type     Fans    Control
1       PRESENT  OK      AC       -       -
2       ABSENT   -       -        -       -
3       PRESENT  OK      DC(PoE)  -       -
```

```
-----------------------------------------------------
```

8.3.5 配置光模块

交换机支持管理光模块信息，这些管理信息包括基本信息和诊断信息。其中基本信息包括光模块类型、生产厂商名称、序列号、产品号以及相应支持的光波长和链路长度。诊断信息包括光模块的实时温度、电压、电流、发送光功率和接收光功率，以及这些实时信息对应的厂商预定义正常工作范围、提醒阀值和告警阀值。当光模块拔插或者实时信息超出正常工作范围，交换机将自动发出通告或告警信息。

表 8-18 显示光模块收发器信息

命令	操作	说明
show transceiver [**detail**]	显示光模块收发器信息	detail: 显示包括 DDM 信息在内的详细信息

用户可以通过命令行指令来查看光模块的运行状态：

```
Switch# show transceiver detail

Port eth-1-2 transceiver info:

Transceiver Type: 10G Base-SR

Transceiver Vendor Name : OEM

Transceiver PN        : SFP-10GB-SR

Transceiver S/N       : 201033PST1077C

Transceiver Output Wavelength: 850 nm
```

Supported Link Type and Length:

Link Length for 50/125um multi-mode fiber: 80 m

Link Length for 62.5/125um multi-mode fiber: 30 m

Transceiver is internally calibrated.

mA: milliamperes, dBm: decibels (milliwatts), NA or N/A: not applicable.

++ : high alarm, + : high warning, - : low warning, -- : low alarm.

The threshold values are calibrated.

Port	Temperature (Celsius)	High Alarm Threshold (Celsius)	High Warn Threshold (Celsius)	Low Warn Threshold (Celsius)	Low Alarm Threshold (Celsius)
eth-1-2	25.92	95.00	90.00	-20.00	-25.00

Port	Voltage (Volts)	High Alarm Threshold (Volts)	High Warn Threshold (Volts)	Low Warn Threshold (Volts)	Low Alarm Threshold (Volts)

```
eth-1-2  3.32      3.80      3.70      2.90      2.80

-------------------------------------------------------------------------------------------

                High Alarm  High Warn  Low Warn   Low Alarm

     Current    Threshold   Threshold  Threshold  Threshold

Port (milliamperes) (mA)      (mA)      (mA)      (mA)

--------- ----------------- ---------- ---------- ---------- ----------

eth-1-2  6.41      20.00     18.00     1.00       0.50

-------------------------------------------------------------------------------------------

     Optical    High Alarm  High Warn  Low Warn   Low Alarm

   Transmit Power  Threshold  Threshold  Threshold  Threshold

Port (dBm)      (dBm)     (dBm)     (dBm)     (dBm)

--------- ----------------- ---------- ---------- ---------- ----------

eth-1-2  -2.41     2.01      1.00      -6.99     -7.96

-------------------------------------------------------------------------------------------
--

     Optical    High Alarm  High Warn  Low Warn   Low Alarm

   Receive Power  Threshold  Threshold  Threshold  Threshold

Port (dBm)      (dBm)     (dBm)     (dBm)     (dBm)

--------- ----------------- ---------- ---------- ---------- ----------

eth-1-2  -12   -  1.00      0.00      -19.00    -20.00
```

```
-------------------------------------------------------------------------------------------
--
```

8.4 Bootstrap 配置

8.4.1 简介

Bootstrap 是一种智能初始化配置方法。配置启用 Bootstrap 功能后，交换机启动时发现没有 startup-config.conf 文件或 Bootstrap 功能开关开启，则开始从 TFTP 服务器上下载配置文件或 image 文件。如果发现需要下载不同版本的 image 文件，则需要重新启动系统。

用户通过 python 脚本文件控制交换机下载的 image 文件和配置文件，交换机将会从 python 格式的脚本文件里，找到需要下载的文件。脚本文件的名称为 bootstrap.py，用户应根据需求完成配置，需要填入的信息如下：

```
options = {
  # tftp server ip
  "hostname": "192.168.1.254",

  # new target system image name
  "target_system_image": "XXXXXX.bin",

  # new target system image md5sum
```

```
  "image_md5sum": "f7ea31029b33d3f77d7c2156a814e6d7",


  # tftp server config path
  #config_sw=1 get config, config_sw=0 no get config
  "config_sw": 1,
  "config_path": "/tftpboot/",


  # tftp server target system image path
  "target_image_path": "/tftpboot/",


  "destination_path": "/mnt/flash/boot/",
}
```

其中红色字体部分需要用户自行设置：

hostname：TFTP 服务器的 IP 地址。

target_system_image：需要升级的版本文件名称。

image_md5sum：image 文件的 MD5 值，若为空则表示不进行 image 的 MD5 校验，否则进行 image 的 MD5 校验。

config_sw：下载配置文件的开关，“1”表示下载配置文件，“0”表示不下载配置文件。

config_path：下载配置文件的路径，注意这里路径不需要填写配置文件名称。

target_image_path：下载 image 文件的路径，同样地，这里不需要填写 image 文件名称。

配置好 python 文件后，当 python 脚本中 target_system_image 和交换机中版本一致时，不进行 image 下载操作，只做配置文件下载并更新配置操作。当版本不一致时，先进行 image 文件下载，更新 image 版本后重启，待重启后进行配置下载更新操作。

窍门

完成了一次配置更新后，如果还需要重复应用该配置文件，则需要手动删除 /mnt/flash/boot/increment-config.cfg 文件，再进行 Bootstrap 功能。当没有 startup-config.conf 文件即空配置启动时会自动删除 increment-config.cfg 文件。

8.4.2 配置 Bootstrap

8.4.2.1 使能 Bootstrap 功能

Bootstrap 是设备启动时自动完成初始化配置的功能。设备在启动时如果没有 startup-config 文件，或者启用 Bootstrap 功能，则开始启动 Bootstrap 工作流程。

表 8-19 使能 Bootstrap 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
bootstrap enable	全局使能 Bootstrap 功能	缺省情况下，Bootstrap 功能处于关闭状态

8.4.2.2 显示 smart-config 配置信息

表 8-20 显示 smart-config 配置信息

命令	操作	说明
show smart-config config	查看 smart-config 的配置信息	-

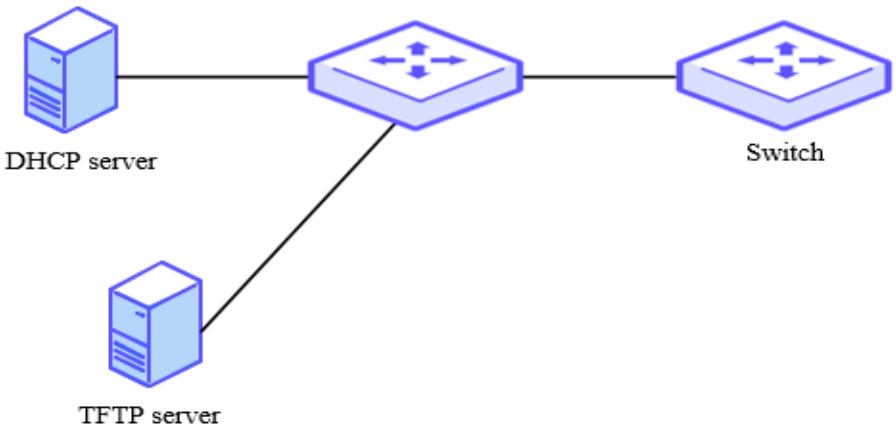
8.4.3 配置举例

8.4.3.1 简介

默认 Bootstrap 功能处于关闭状态，当 startup-config.conf 文件不存在或开启了 Bootstrap 开关时，交换机才会在启动时开始 Bootstrap 工作流程。也可以手动删除 startup-config.conf 文件，这样在下次启动时，Bootstrap 就会开始工作。

8.4.3.2 拓扑

图 8-3 Bootstrap配置拓扑图



上图为测试 Bootstrap 的网络拓扑，需要两台交换机和两台 PC 构建测试环境。Switch 是启用 Bootstrap 功能的交换机。需要注意的是，上图中 DHCP Server 提供的 TFTP Server 地址必须是 Switch 可以直接连接或者通过路由器连接的地址。

8.4.3.3 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# bootstrap enable	设置启用 Bootstrap
Switch (config)# exit	退出全局配置模式

具体的配置步骤如下：

1.配置 DHCP Server，必须要设置 option 66：tftp-server name 和 option 67：bootfile-name 选项;其中 option 66 字段必须设置为 IP 地址格式,如 10.0.0.1 或者 http://10.0.0.1。option 67 字段为下载 python 脚本文件的路径名称，如/tftpboot/boostrap.py。

2.通过 DHCP Server 端的信息从 TFTP 服务器下载脚本文件 bootstrap.py，该 python 脚本内容需根据用户需求事先完成定义，将需要升级的 image 文件与配置文件放到 python 脚本中对应的 TFTP Server 上。

- image文件名需要和python脚本文件中填入的target_system_image一致。
- 配置文件名称的格式：设备SN号.cfg，例如：U50R9390071.cfg。也可以为设备的MAC地址.cfg例如：6cec5a084e93.cfg

注意：设备 SN 号区分大小写，设备 MAC 地址为设备管理口 MAC 地址且字母均为小写。（可用 **show management interface** 命令查看）

3.确保交换机没有 startup-config.conf 文件或者开启了 Bootstrap 功能开关。



说明

当存在 startup-config.conf 文件但开启了 Bootstrap 开关时，管理口需配成 DHCP 模式后再重启，空配置启动时无此限制。

4.启动或重启系统。

8.4.3.4 命令验证

检查上述 Bootstrap 配置后的结果：

```
Switch# show running-config
    !
    bootstrap enable
    !
    line con 0
     no line-password
     no login
    line vty 0 7
     exec-timeout 35791 0
     privilege level 4
     no line-password
     no login
    !
    end
```

9 组播配置指导

9.1 IP 组播路由配置

9.1.1 简介

随着网络的不断发展，网络数据、语音、视频信息等多种交互业务与日俱增。另外，新兴的电子商务、网上会议、网上拍卖、视频点播、远程教学等对带宽和实时数据交互要求较高的服务逐渐兴起，这些服务对信息安全性、可计费性、网络带宽提出了更高的要求。

当网络中需要某信息的用户量不确定时，单播和广播方式的效率会很低，IP 组播技术的出现改变了这一现状。当网络中的某些用户需要特定信息时，组播信息发送者（即组播源）仅发送一次信息，借助组播路由协议为组播数据包建立树型路由，被传递的信息在距离用户端尽可能近的节点才开始复制和分发。

通过组播路由协议，多个接收者能跨越不同网络接收到组播数据。

- IGMP（Internet Group Management Protocol，因特网组管理协议）是 TCP/IP 协议族中负责 IP 组播成员管理的协议。该协议在 IP 主机和与其直接相邻的组播路由器之间建立，维护组播组成员关系。
- PIM（Protocol Independent Multicast，协议无关组播），用于组播路由器或多层交换机中，为 IP 组播提供路由的单播路由协议可以是静态路由、RIP、OSPF、IS-IS、BGP 等，组播路由和单播路由协议无关，只要单播路由协议能产生路由表项即可。借助 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）机制，PIM 实现了在网络中传递组播信息。为了描述上的方便，由支持 PIM 协议的组播路由器所组成的网络称为 PIM 组播域。

PIM 有两种模式：密集模式和稀疏模式。密集模式主要应用于组成员密集的局域网中，而稀疏模式适用于大型网络。

9.1.2 配置 IP 组播路由

9.1.2.1 使能 IP 组播路由

表 9-1 使能 IP 组播路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip multicast-routing	启用交换机的组播路由功能	缺省情况下，IP 组播路由功能处于开启状态

9.1.2.2 配置组播路由的最大数目

当 IP 组播路由的最大数目超过阈值时，会生成警告消息，该阈值应小于组播路由的最大数量。

表 9-2 配置组播路由的最大数目

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip multicast route-limit *route-number*[*threshold-number*]	配置组播路由的最大数目	组播路由最大数目的取值范围为 1~2048；缺省情况下，最大数目为 2048。默认阈值应与组播路由的最大数量相同

9.1.2.3 配置组播静态路由

表 9-3 配置组播静态路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip mroute-rpf *source-address/mask-length* [**static** | **rip** | **ospf**] *rpf-nbr-address* [*distance*]	配置组播静态路由	source-address: 组播源地址 mask-length: 掩码长度 rpf-nbr-address: RPF 邻居的 IP 地址 distance: 路由优先级，取值范围为 1~255

9.1.3 显示与维护

表 9-4 显示与维护

命令	操作	说明
show ip mroute [**sparse**] [**count** | **summary**] **show ip mroute** *ip-address* [**sparse**] [**count** | **summary**]	显示组播路由表信息	sparse: 查看稀疏模式的组播路由 count: 查看路由和数据包的统计情况 summary: 查看组播路由的总体情况 ip-address: 查看源 IP 地址或者组播 IP 地址的路由

命令	操作	说明
show ip mroute route-limit	查看路由数目的最大值	-
show ip mvif [*if-name*]	查看 IP 组播的接口信息	if-name: 接口名称
show ip multicast groups count	查看组播组数目	-
show ip mroute-rpf *source-address*	查看组播路由的反向路径查询	source-address: 组播源地址
show resource mcast	查看组播路由资源使用情况	-

9.1.4 配置举例

9.1.4.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip multicast route-limit 1000	配置组播路由的最大数目为 1000

9.1.4.2 命令验证

显示上述步骤后组播路由的最大数目：

```
Switch# show ip multicast groups count
```

```
multicast group record count:  1
multicast source record count: 0
multicast total record count:  1
multicast max record count:    1000
```

9.2 IGMP 配置

9.2.1 简介

IGMP（Internet Group Management Protocol，因特网组管理协议）负责管理 IP 组播成员的协议，参与建立、维护接收者主机与其相邻路由器之间的组播组成员关系。该协议定义了查询器和主机的角色：

- 网络设备的查询器发送查询消息给网络中特定组来发现组播中的成员。
- 主机发送 IGMP 报告报文（响应查询报文），通知查询者主机要加入相应的组播组列表中。
- 一个组播组的成员是动态的，主机可以随时加入或离开。在一个组播组成员的位置或数量上没有限制。

9.2.1.1 IGMP 版本

IGMP 目前有 IGMPv1、IGMPv2 与 IGMPv3 三种版本。这三个版本均可适用于任意信源组播（ASM），IGMPv3 可以直接应用于指定信源组播（SSM）。而 IGMPv1、IGMPv2 需要通过 IGMP SSM Mapping 功能才可以应用于 SSM。其中，IGMPv2 协议应用最为广泛。

IGMPv1：主要以查询与响应的方式管理组播组成员；

IGMPv2：增强了查询器的选举机制与离开组机制；

IGMPv3：在 IGMPv1 与 IGMPv2 的基础上，将主机的控制能力进一步加强，查询与报告报文的能力也与之增强。

9.2.1.2 IGMP 报文特性

IGMP 报文使用下面的组播地址：

- IGMP 普通组查询以 224.0.0.1 为目的地址（在一个子网中的所有系统）。
- IGMP 特定组的查询以特定组 IP 地址为目的查询。
- IGMP 组成员发送 Report 报文给特定的组播 IP 地址。
- IGMPv2 离开组播组时，主动给目标 IP 地址 224.0.0.2 发送离开报文。

9.2.1.3 参考协议

IGMP 的版本是基于以下 RFC 定义：

- RFC 1112（定义 IGMPv1）
- RFC 2236（定义 IGMPv2）
- RFC 3376（定义 IGMPv3）

9.2.2 使能 IGMP 功能

IGMP 的使能是依赖于组播路由协议的使能，当接口上使能 PIM 或者其他组播路由协议，IGMP 将会在接口上自动启用，反之亦然。但是请注意，IGMP 在工作之前，IP 组播路由必须在全局模式启用。系统支持动态学习 IGMP 组记录，也可以配置静态 IGMP 组记录。

表 9-5 使能 IGMP 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ip multicast-routing	启用交换机的组播路由功能	缺省情况下，IP 组播路由功能处于开启状态
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
ip address *ip-address/mask-length*	设置 IP 地址	ip-address: IPv4 地址 mask-length: 掩码长度
ip pim sparse-mode	接口上启用 PIM-SM 协议	缺省情况下，未使能 PIM-SM 协议

9.2.3 配置 IGMP 基本功能

9.2.3.1 配置 IGMP 版本

表 9-6 配置 IGMP 版本

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip igmp version *number*	配置端口使用的 IGMP 协议的版本	number: 端口所使用的 IGMP 协议版本，取值范围为 1~3；缺省情况下，端口使用 IGMPv2 版本

9.2.3.2 配置静态组播(源)组

表 9-7 配置静态组播（源）组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip igmp static-group *group-address* [**source** *source-address*]	配置端口上的静态组播组或静态组播源组	group-address: 组播地址 source-address: 组播源地址

9.2.3.3 配置过滤组播组

使用 IP 访问控制列表来控制 IGMP 报文的学习，对加入组播组的主机或可以加入的组播组进行限制。

表 9-8 配置过滤组播组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip igmp access-group *acl-list*	配置组播组的过滤	acl-list: 访问控制列表名称

9.2.4 配置 IGMP 接口参数

9.2.4.1 配置 IGMP 查询与响应

表 9-9 配置 IGMP 查询与响应

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip igmp robustness-variable *value*	配置 IGMP 查询器的健壮系数	value: IGMP 报文的健壮程度，取值范围是 2~7，默认值为 2
ip igmp query-interval *interval*	配置端口发送查询报文的时间间隔	interval:该时间间隔的取值范围为 2~18000，单位：秒；默认值为 125 秒
ip igmp last-member-query-interval *interval*	配置 IGMP 最后组成员的查询间隔	interval: 该时间间隔的取值范围为 1000~25500，单位：毫秒；默认值为 1000 毫秒
ip igmp last-member-query-count *count*	配置 IGMP 的最后组成员的查询计数	count: 特定组查询报文的数目，取值范围为 2~7；默认值为 2
ip igmp query-max-response-time *interval*	配置 IGMP 查询报文的最大响应时间	interval: 最大响应时间的取值范围为 1~25，单位：秒；默认值为 10 秒

9.2.4.2 配置组播组成员快速离开功能

根据访问控制列表，可配置组播组成员快速离开的功能，快速响应主机的离开组报文。

表 9-10 配置组播组成员快速离开功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip igmp immediate-leave group-list *acl-list*	配置组播组成员快速离开的功能	acl-list: 访问控制列表名称

9.2.5 配置 IGMP SSM Mapping

9.2.5.1 使能 IGMP SSM Mapping 功能

表 9-11 使能 IGMP SSM Mapping 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp ssm-map enable	全局开启 IGMP SSM Mapping 功能	缺省情况下，IGMP SSM Mapping 功能处于关闭状态

9.2.5.2 配置 IGMP SSM Mapping 规则

表 9-12 配置 IGMP SSM Mapping 规则

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ip igmp ssm-map enable	全局开启 IGMP SSM Mapping 功能	缺省情况下，IGMP SSM Mapping 功能处于关闭状态
ip igmp ssm-map static *acl-list source-address*	配置 IGMP SSM Mapping 的规则	acl-list: 访问控制列表名称 source-address: 组播源地址 缺省情况下，未配置 IGMP SSM Mapping 规则

9.2.6 配置加入组播组的最大数目

9.2.6.1 全局配置组播组的最大数目

表 9-13 全局配置组播组的最大数目

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp limit *number* **except** *acl-list*	全局配置模式下，配置加入组播组的最大数目	number: 最大数目的取值范围为 1~2048；默认值为 2048 acl-list: 访问控制列表名称

9.2.6.2 接口上配置组播组的最大数目

表 9-14 接口配置组播组的最大数目

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称

命令	操作	说明
ip igmp limit *number* **except** *acl-list*	接口配置模式下，配置加入组播组的最大数目	number: 最大数目的取值范围为 1~2048；默认值为 2048 acl-list: 访问控制列表名称

9.2.7 配置 IGMP 代理

表 9-15 配置 IGMP 代理

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
ip pim sparse-mode	接口上启用 PIM-SM 协议	缺省情况下，未使能 PIM-SM 协议
ip igmp proxy-service	启用端口的 IGMP 代理服务	缺省情况下，IGMP 代理服务处于关闭状态
ip igmp mroute-proxy *if-name*	配置本端口的上行端口	if-name:接口名称。一个端口只能设置一个上行代理端口。多次设置时，会覆盖前面的配置

9.2.8 显示与维护

表 9-16 显示与维护

命令	操作	说明
show ip igmp groups [*group-address*] [**detail**]	显示组播组信息	group-address: 指定组播组地址 if-name: 接口名称 *: 所有组播组信息
show ip igmp groups *if-name* [*group-address*] [**detail**]	显示端口的组播组信息	
show ip igmp groups *if-name* **count**	显示组播组的数量	
show ip igmp interface *if-name*	查看组播组端口的信息	
clear ip igmp [* | **group** *group-address*]	清除动态学习的组播组信息	
clear ip igmp [**group** *group-address* | **interface** *if-name*]	清除指定端口上动态学习的组播组信息	

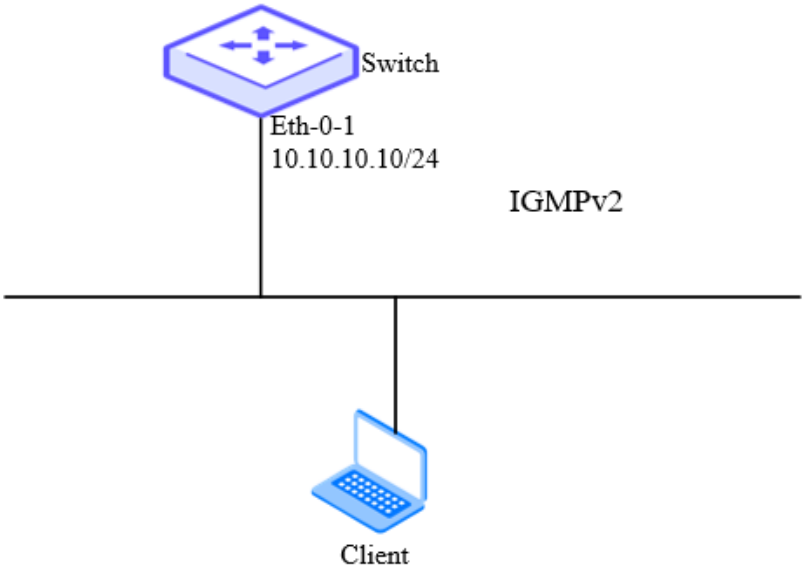
9.2.9 配置举例

9.2.9.1 简介

如下图，开启组播功能后，进接口 eth-0-1 开启 IGMP 功能和版本号，并配置 IGMP 查询与响应的相关功能。

9.2.9.2 拓扑

图 9-1 IGMP配置拓扑图



9.2.9.3 配置步骤

1. 启用 IGMP 功能示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip multicast-routing	全局模式下启用组播路由
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口 eth-0-1 配置模式
Switch(config-if)# no switchport	配置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 10.10.10.10/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	接口上启用 PIM-SM

2. 配置 IGMP 接口参数示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip igmp version 2	配置 IGMP 版本
Switch(config-if)# ip igmp query-interval 120	配置 IGMP 查询时间间隔
Switch(config-if)# ip igmp query-max-response-time 12	配置 IGMP 查询最大响应时间
Switch(config-if)# ip igmp robustness-variable 3	配置 IGMP 查询器的健壮系数
Switch(config-if)# ip igmp last-member-query-count 3	配置 IGMP 最后组成员查询计数
Switch(config-if)# ip igmp last-member-query-interval 2000	配置 IGMP 最后组成员查询间隔

3. 配置静态组播组示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip igmp static-group 228.1.1.1	配置 IGMP 静态组播组

4. 配置 IGMP 代理示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# ip igmp proxy-service	启用端口的 IGMP 代理服务，设置 IGMP 代理上联口为 eth-0-1
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# ip igmp mroute-proxy eth-0-1	设置 eth-0-2 为 IGMP 代理下联口

9.2.9.4 命令验证

- 显示IGMP接口信息：

```
Switch# show ip igmp interface

  Interface eth-0-1 (Index 1)
   IGMP Inactive, Version 2 (default) proxy-service
   IGMP host version 2
   IGMP global limit is 2000
   IGMP global limit states count is currently 0
   IGMP interface limit is 1000
```

```
IGMP interface has 0 group-record states
IGMP activity: 0 joins, 0 leaves
IGMP query interval is 120 seconds
IGMP querier timeout is 366 seconds
IGMP max query response time is 12 seconds
Last member query response interval is 2000 milliseconds
Group Membership interval is 372 seconds
Last memeber query count is 3
Robustness Variable is 3
Interface eth-0-2 (Index 2)
IGMP Inactive, Version 2 (default)
IGMP mroute-proxy interface is eth-0-1
IGMP global limit is 2000
IGMP global limit states count is currently 0
IGMP interface limit is 16384
IGMP interface has 0 group-record states
IGMP activity: 0 joins, 0 leaves
IGMP query interval is 125 seconds
IGMP querier timeout is 255 seconds
IGMP max query response time is 10 seconds
Last member query response interval is 1000 milliseconds
Group Membership interval is 260 seconds
Last memeber query count is 2
Robustness Variable is 2
```

- 显示IGMP组播组信息：

```
Switch# show ip igmp groups

  IGMP Connected Group Membership
  Group Address   Interface      Uptime   Expires Last Reporter
  228.1.1.1       eth-0-1        00:00:05 stopped  -
```

9.3 PIM 配置

9.3.1 简介

发送组播报文时，接收者可能存在于网络中的任意位置。如果静态配置组播路由，可能导致灵活性不足、时效性差等问题。为了更高效、准确地转发组播报文，需要运行组播路由协议。PIM（Protocol Independent Multicast，协议无关组播），用于组播路由器或多层交换机中，为 IP 组播提供路由的单播路由协议可以是静态路由、RIP、OSPF、IS-IS、BGP 等，组播路由和单播路由协议无关，只要单播路由协议能产生路由表项即可。借助 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）机制，PIM 实现了在网络中传递组播信息。为了描述上的方便，由支持 PIM 协议的组播路由器所组成的网络称为 PIM 组播域。

PIM 有两种模式：PIM-SM（稀疏模式）和 PIM-DM（密集模式）。密集模式主要应用于组成员密集的局域网中，而稀疏模式适用于大型网络。

9.3.1.1 PIM-SM 简介

PIM-SM（协议无关组播稀疏模式）是一个组播路由协议，用来将稀疏分散的组播设备联系起来协同工作。这样有助于分散的网络节点节约带宽，通过发送单一流量到多个接收者，达到降低网络流量的目的。

PIM-SM 使用接收者发起成员的 IP 组播模型，支持共享和最短路径树，并使用软状态机制，以适应不断变化的网络条件。它依赖于单播路由协议来建立和维护路由器间的组播路由。

1. 术语解释

以下是 PIM-SM 协议概念的简要描述：

- **汇聚点 (RP)**：RP（Rendezvous Point）在 SM 模式中作为组播的汇聚点，发送者和接收者在 RP 处进行汇聚。对于所有的组播路由器，需要明确每一个组播组与 RP 的对应关系。

  所有的组播数据需要在 RP 上注册，然后所有需要组播数据的接收者通过向 RP 发送 Join 报文来请求数据。

- **组播路由信息库 (MRIB)**：组播路由表是从单播路由表的获得的。在 PIM-SM 中，MRIB 是用来决定向何处发送加入/剪枝消息。它还提供了目的网络的路由度量。发送和处理的 Assert 消息时将使用这些度量。

- **反向路径转发 (RPF)**：反向路径转发是指路由器在接收数据包从源 A 通过接口 IF1 时，只有 IF1 是到达源 A 的出接口时才会接收这个包。反向路径转发通过使用单播路由表来决定入端口是否正确。这个数据包将被转发是由于单播路由表表明了接口 IF1 是到达源 A 的最短路径。单播路由表为组播数据选择最短路径。

- **组播树状态信息库 (TIB)**：组播树状态信息库是组播路由器上保存所有组播转发树信息的信息库，通过收到 PIM 加入/剪枝消息、Assert 消息和 IGMP 消息建立起来。

- **上游 (Upstream)**：朝向树根，树根可能是源或 RP。

- **下游 (Downstream)**：远离树根，树根可能是源或 RP。

- **基于源的树**：基于源的树的转发路径是到达源的最短转发路径，如果单播路由以跳数为度量，基于源的树的转发路径的跳数最小；如果单播路由以延迟为度量，基于源的树的转发路径的延迟最小。

  每个组播源都有一个对应的组播转发树直接将源和接收者连接起来。所有发往指定组的流量沿着对应的转发树进行转发。

- **共享树**：共享树依赖于汇聚点(RP)，所有流量从源都发文至汇聚点，然后汇聚点再将流量发送给接收者。对于每一个组播组来说，不管有多少个源，只有一个转发树。共享树是单向

的，流量只会从 RP 流向接收者。如果一个源要发送组播数据，首先 RP 要成功接收发送的组播数据，然后才能从 RP 发送到接收者。

- **自举路由器 (BSR)**：当一个组播源开始发送组播数据或者一个接收者开始发送加入信息到 RP 时，组播路由器必须获取汇聚点的信息。在 PIM-SM 网络启动自举路由器后，负责收集网络内的 RP 信息，为每个组选举出 RP，然后将 RP 集（即组-RP 映射数据库）发布到整个 PIM-SM 网络。
- **数据流从源到接收者发送 Hello 消息**：PIM 路由器定期地发送 Hello 消息来发现 PIM 路由器邻居。Hello 消息是组播报文，使用 224.0.0.13 这个地址。PIM 路由器对 Hello 消息进行响应，Hello 消息中的 Hold 时间来决定信息的有效时间。
- **选举指定路由器**：在一个多路访问的网络中如果有多个组播路由器，只能有一个组播路由器被选为指定路由器，负责为本地网络的组播接收者往 RP 发送加入/剪枝消息。
- **RP 发现**：PIM-SM 通过自举路由器来产生自举消息，然后发布 RP 信息给所有的组播路由器。组播路由器接收和保存自举消息，当 DR 从直连主机收到一个 IGMP 报文或组播数据，DR 计算出该组播组的 RP，然后发送加入/剪枝到 RP 或者封装注册报文到 RP。在小型网络环境中可以静态指定 RP。
- **加入共享树**：要加入一个组播组，主机发送一个 IGMP 消息给上游路由器，组播路由器向 RP 方向的上游的 PIM 邻居发送加入报文。当组播路由器接收到下游设备的加入请求后，检查本地的组播组是否存在。如果存在，说明加入消息被送到共享树，收到消息的接口就会加入至出接口列表；如果不存在，条目将被创建，收到的消息接口被加入到出接口中并再次向 RP 方向上游的 PIM 邻居发送加入报文。
- **组播源注册**：与组播源 S 直接相连的路由器接收到该组播报文后，就将该报文封装成 Register 注册报文，并以单播形式发送给对应的 RP。当 RP 接收到来自组播源 S 的注册消息后，一方面解封装注册消息并将组播信息沿着 RPT 树转发到接收者，另一方面朝组播源 S 逐跳发送（S，G）加入消息，从而让 RP 和组播源 S 之间的所有路由器上都生成了（S，G）表项，这些沿途经过的路由器就形成了 SPT 树的一个分支。SPT 源树以组播源 S 为根，

以 RP 为目的。组播源 S 发出的组播信息沿着已经建立好的 SPT 树到达 RP，然后由 RP 将信息沿着 RPT 共享树进行转发。

- **发送注册停止消息**：当 RP 从组播源接收到注册报文后也收到未封装的组播报文，将发送注册停止消息给组播源一侧的 DR，当 DR 收到注册停止消息后将不再发送注册消息给 RP。
- **剪枝端口**：接收者侧的组播路由器向 RP 方向上游的 PIM 邻居发送剪枝报文，当上联组播路由器收到剪枝报文后，将收到剪枝报文的端口从转发端口中删除，当本路由器上没有其他接收者后会继续向 RP 方向上游的 PIM 邻居发送剪枝报文。
- **转发组播数据**：PIM-SM 路由器将组播数据发往那些已经明确表示加入组播组的接收者。组播路由器将进行 RPF 检查，只有检查通过的组播数据包才将通过出端口发送出去。

2. 参考协议

与 PIM-SM 模块相关的协议规范为：

RFC 4601

9.3.1.2 PIM-DM 简介

PIM-DM（协议无关组播密集模式）是一个组播路由协议，用来将密集分布的组播设备联系起来协同工作。

设想当一个组播源开始发送组播流的时候，所有的下游系统都期望接收这个组播流。当组播流泛洪到整个网络时，PIM-DM 使用 RPF 来防止组播流的环路。如果某些网络区域没有该组播组的接收成员，PIM-DM 会把转发分支通过剪枝来删除掉。

剪枝状态有一个生命周期，当生命周期超时后，组播数据将再一次开始转发，每个(S,G)对应的组播组都有自己的剪枝状态。当某个组播组有新的接收者出现在已经被剪枝的区域里，路由器会通过朝组播源发送”graft”消息将剪枝状态转换成转发路径。

1. 参考协议

与 PIM-DM 模块相关的协议规范有：

RFC 3973

9.3.1.3 PIM-SSM 简介

PIM-SSM 是借助 PIM-SM 的部分技术和 IGMPv3 来实现的，其建立组播转发树的过程与 PIM-SM 创建 SPT 树的过程相似，即接收者 DR 获取组播数据源的具体位置后，直接向组播数据源发送 Join 消息，将组播数据流发送到接收者。

默认情况下，SSM 组播组地址的范围为 232.0.0.0~232.255.255.255。当用户加入的组播组属于 SSM 组地址范围内，会通过 PIM-SSM 进行处理；当用户加入的组播组不属于 SSM 组地址范围，则通过 PIM-SM 进行处理。

1. 特性

PIM-SSM 的特点是用户能够预先知道组播源的具体位置。因此用户在加入组播组时，可以明确指定接收信息的源。组成员端 DR 了解到用户的需求后，直接向组播源的方向发送 Join 消息。Join 消息逐跳向上传输，在源与组成员之间建立 SPT。

PIM-SSM 只使用了 PIM-SM 的部分技术：无需维护 RP、无需构建 RPT、无需注册组播源，可以直接在源与组成员之间建立 SPT。PIM-SSM 可以与 PIM-SM 在组播路由器上一起工作。

9.3.2 配置 PIM-SM

9.3.2.1 使能 PIM-SM

表 9-17 使能 PIM-SM

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no shutdown	端口 UP	-

命令	操作	说明
no switchport	配置接口为三层接口	-
ip address *ip-address/mask-length*	设置 IP 地址	ip-address: IPv4 地址 mask-length: 掩码长度
ip pim sparse-mode [**passive**]	接口上启用 PIM-SM 协议	缺省情况下，未使能 PIM-SM 协议。如选择 **passive** 关键字，工作在被动模式的端口不会发送 PIM Hello 报文

9.3.2.2 配置 RP

1. 配置静态RP

表 9-18 配置静态 RP 地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip pim rp-address *address* [*acl-list* | **override**]	配置静态 RP 地址	address: RP 地址 acl-list: 访问控制列表

2. 配置动态RP

表 9-19 配置候选 RP

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ip pim rp-candidate *if-name* [**priority** *priority-value* | **interval** *interval-value* | **group-list** *acl-list*]	配置候选 RP	if-name: 接口名称，此端口的 IP 地址会作为候选的 RP 在网络上被广播 priority-value: 候选 RP 的优先权，取值范围为 0~255 interval-value: 发送宣告报文的时间间隔，取值范围为 1~16383，单位：秒 acl-list: 访问控制列表，限制注册到此 RP 的组播组

9.3.2.3 配置 BSR

每个组播组需要有一个与之服务的 RP，这个 RP 作为基于组播组的分发树的根。为了组播数据能从发送者到达接收者，在一个组播域内的组播路由器需要使用同样的组播组-RP 的映射。为了选择指定组播组的 RP，组播路由器需要维护一系列的组播组-RP 的映射关系，这被称为 RP 集。BSR（自举路由器）的机制就是用来让在同一个组播域内的组播路由器能够学习到这个 RP 集。

表 9-20 配置 BSR

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ip pim bsr-candidate *if-name* [*hash-mask* [*priority-value*]]	配置自举路由器	if-name:接口名称，支持物理接口、agg 接口、loopback 和 VLAN 接口 hash-mask: RP 选举时候 HASH 的掩码长度，取值范围为 0~32 priority-value: 候选 BSR 路由器的优先级，取值范围为 0~255。默认优先级为 64

9.3.2.4 配置组播源注册

配置下表的功能可以防止未经认证的用户注册到交换机，例如，可以通过访问控制列表配置注册报文的过滤规则，有利于更好地控制组播组，提高安全性。

表 9-21 配置组播源注册

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip pim accept-register list *acl-list*	根据访问控制列表限制 RP 可接收的 PIM 注册报文	acl-list: 访问控制列表；当其用此功能后，如果一个未经认证的主机发送一个 PIM 注册报文给交换机，此交换机会立即发送一个 Stop 报文回去阻止其继续发送报文注册。此命令可以让网络中众多 RP 进行负载分担，通过

命令	操作	说明
		ACL 的设置控制不同的组播组
ip pim cisco-register-checksum [**group-list** *acl-list*]	配置 DR 发送注册报文时使用 CISCO Register Checksum	acl-list: 访问控制列表；缺省情况下,使用 RFC 规定的 Register Checksum，如果配置了访问控制列表，只有通过验证的报文才能以 CISCO Register Checksum 的方式发送
ip pim register-rate-limit *limit*	配置 DR 发往 RP 的 PIM 注册报文的最大速度	limit: 取值范围为 1~65535；缺省情况下，DR 发往 RP 的 PIM 注册报文的速度不受限制。如果设定了此项，则超过此速度的 PIM 注册报文在 RP 处会被丢弃
ip pim register-suppression *time*	配置 DR 停止发送 PIM 注册报文的时间间隔	time: 抑制时间间隔的取值范围为 11~18000，单位：秒，默认值为 60 秒

9.3.2.5 配置禁止 SPT 切换

表 9-22 配置禁止 SPT 切换

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip pim spt-switch-threshold infinity [**group-list** *acl-list*]	配置无法切换至 SPT	acl-list: 访问控制列表；缺省情况下，DR 收到第一个组播流后立即切换为最短路径树

9.3.3 配置 PIM-DM

PIM-DM 和 PIM-SM 模式在同一个端口上是互斥的。因此，一次只能选择一种模式进行配置。

9.3.3.1 使能 PIM-DM

表 9-23 使能 PIM-DM

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no shutdown	端口 UP	-
no switchport	配置接口为三层接口	-
ip address *ip-address/mask-length*	设置 IP 地址	ip-address: IPv4 地址 mask-length: 掩码长度
ip pim dense-mode [**passive**]	接口上启用 PIM-DM 协议	缺省情况下，未使能 PIM-DM 协议。如选择 **passive** 关键字，工作在被动模式的端口不会发送 PIM Hello 报文

9.3.3.2 配置 Hello 报文保持时间

Hello 报文的保持时间会随着端口发送 Hello 报文的时间改变而发生变化。当未配置 Hello 报文的保持时间，默认是发送 Hello 报文时间的 3.5 倍。如果配置的 Hello 报文保持时间小于当前 Hello 报文发送的时间间隔，则配置错误。

表 9-24 配置 Hello 报文保持时间

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip pim hello-holdtime *time*	配置 Hello 报文的保持时间	time: 保持时间的取值范围为 1~65535,；默认值为 3.5*Hello 报文发送的时间间隔



说明

用户可以使用 **ip pim hello-interval** *interval-value* 配置 Hello 报文发送的时间间隔，默认值为 30 秒。

9.3.3.3 配置端口传播延时

当一个网络上所有的路由器都支持剪枝延迟选项时，PIM-DM 路由器将用接收到的所有的传播延时来修正加入和剪枝的覆盖间隔。

表 9-25 配置端口传播延时

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称

命令	操作	说明
ip pim propagation-delay *delay-time*	配置 PIM-DM 的端口传播延时	delay-time: 传播延时的取值范围为 100~5000，单位：毫秒

9.3.3.4 配置状态刷新时间

PIM 的状态刷新（SR）消息是由与组播源直接相连的路由器发送的，此命令可以控制 SR 消息的发送间隔。

表 9-26 配置状态刷新时间

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip pim state-refresh origination-interval *interval-value*	配置状态刷新的时间间隔	interval-value: SR 消息的间隔，取值范围 1~100，默认值为 60 秒

9.3.4 使能 PIM-SSM

表 9-27 使能 PIM-SSM

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip pim ssm [**default** | **range** *list*]	使能 PIM-SSM	default: 使用默认的 SSM 组播组范围

命令	操作	说明
		(232.0.0.0~232.255.255.255) list: 使用访问控制列表中的组播组范围作为 SSM 组播组范围。缺省情况下，未使能 PIM-SSM

9.3.5 显示与维护

表 9-28 显示与维护

命令	操作	说明
show ip pim sparse-mode bsr-router	查看自举路由器信息	-
show ip pim sparse-mode interface [**detail**]	查看稀疏模式下的端口信息	-
show ip pim sparse-mode local-member [*if-name*]	查看稀疏模式下的本地成员信息	if-name: 接口名称
show ip pim sparse-mode mroute [*source-address* | *group-address*] [**detail**]	查看 SM 模式下的组播路由	source-address: 组播路由源地址 group-address: 组播路由目的地址

命令	操作	说明
show ip pim sparse-mode neighbor	查看稀疏模式下的邻居信息	-
show ip pim sparse-mode rp mapping	查看组播组与 RP 的对应关系	-
show ip pim sparse-mode rp-hash *group-address*	查看指定组播组的 RP 信息	group-address: 组播组地址
show ip pim sparse-mode spt-threshold	查看从共享树切换为最短路径树的阈值	-
show ip pim dense-mode interface [**detail**]	查看 PIM-DM 的接口信息	-
show ip pim dense-mode mroute	查看 PIM-DM 的组播路由表	-
show ip pim sparse-mode neighbor [**detail**]	查看 PIM-DM 的邻居	-
show ip pim sparse-mode nexthop	查看 PIM-DM 的下一跳信息	-

9.3.6 配置举例

9.3.6.1 配置 PIM-SM 示例

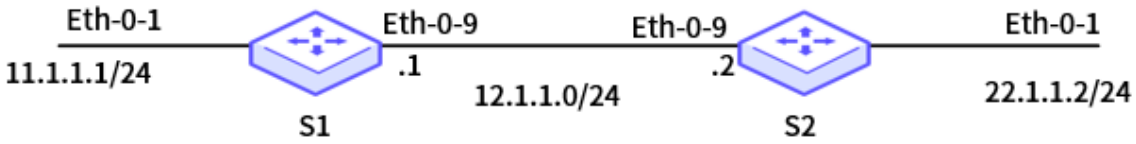
1.配置静态 RP

i. 介绍

PIM-SM 是一个软状态协议。通过静态或动态的方法在所需的接口上启用 PIM-SM 协议，并正确配置的 RP 信息。所有组播组的 IGMP 报告/离开和 PIM 加入/剪枝消息保持动态。目前，只支持一个 RP 上所有的组播组（224.0.0.0 / 4）。

ii. 拓扑

图 9-2 PIM-SM配置拓扑图



iii. 配置步骤

以上例子中 S1 是 RP，所有的设备都配置静态 RP：

- 配置静态 RP 地址 11.1.1.1。
- 所有接口上必须启用 PIM-SM 功能。

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 11.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 22.1.1.0/24 12.1.1.2	配置静态单播路由
Switch(config)# ip pim rp-address 11.1.1.1	配置静态 RP 地址

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 22.1.1.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 11.1.1.0/24 12.1.1.1	配置静态单播路由
Switch(config)# ip pim rp-address 11.1.1.1	配置静态 RP 地址

iv. 命令验证

配置使用相同的 RP 地址 11.1.1.1，使用以下命令来验证 RP 的配置，接口的详细信息和组播路由表。

- 在S1上显示PIM稀疏模式RP映射的命令，表明11.1.1.1是对所有组播组224.0.0.0 / 4静态配置的RP。所有其他路由器都会有类似的输出：

```
S1# show ip pim sparse-mode rp mapping

    PIM group-to-RP mappings
```

```
Group(s): 224.0.0.0/4, Static
  RP: 11.1.1.1
    Uptime: 00:08:21
```

- 显示S1接口的组播信息：

```
S1# show ip pim sparse-mode interface

Address       Interface VIFindex Ver/   Nbr    DR        HoldTime
                        Mode   Count  Prior
11.1.1.1      eth-0-1  2     v2/S  0     1    11.1.1.1      105
12.1.1.1      eth-0-9  0     v2/S  1     1    12.1.1.2      105
```

- 显示PIM-SM的组播路由表：

```
S1# show ip pim sparse-mode mroute detail

IP Multicast Routing Table
(*,*,RP) Entries: 0
(*,G) Entries: 1
(S,G) Entries: 0
(S,G,rpt) Entries: 0
FCR Entries: 0
(*, 224.1.1.1) Uptime: 00:01:32
 RP: 11.1.1.1, RPF nbr: None, RPF idx: None
 Upstream:
  State: JOINED, SPT Switch: Enabled, JT: off
  Macro state: Join Desired,
 Downstream:
  eth-0-9:
```

```
        State: JOINED, ET Expiry: 179 secs, PPT: off
        Assert State: NO INFO, AT: off
         Winner: 0.0.0.0, Metric: 4294967295, Pref: 4294967295, RPT bit: on
        Macro state: Could Assert, Assert Track
      Join Olist:
       eth-0-9

S2# show ip pim sparse-mode mroute detail

    IP Multicast Routing Table
    (*,*,RP) Entries: 0
    (*,G) Entries: 1
    (S,G) Entries: 0
    (S,G,rpt) Entries: 0
    FCR Entries: 0
    (*, 224.1.1.1) Uptime: 00:00:43
     RP: 11.1.1.1, RPF nbr: 12.1.1.1, RPF idx: eth-0-9
     Upstream:
      State: JOINED, SPT Switch: Enabled, JT Expiry: 18 secs
      Macro state: Join Desired,
     Downstream:
      eth-0-1:
        State: NO INFO, ET: off, PPT: off
        Assert State: NO INFO, AT: off
         Winner: 0.0.0.0, Metric: 4294967295, Pref: 4294967295, RPT bit: on
        Macro state: Could Assert, Assert Track
      Local Olist:
       eth-0-1
```

2.配置动态 RP

i. 介绍

在小型并且简单的网络中，组播信息量少，全网络仅依靠一个 RP 进行信息转发即可，此时可以在 SM 域中各路由器上静态指定 RP 位置。但是，通常情况下，PIM-SM 网络规模都比较大，通过 RP 转发的组播信息量也较多。为了缓解 RP 负担的同时优化共享树的拓扑结构，不同组播组应对应不同的 RP，此时就需要自举机制来动态选举 RP。

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 11.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 22.1.1.0/24 12.1.1.2	配置静态单播路由
Switch(config)# ip pim rp-candidate eth-0-1	配置候选 RP 接口

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	配置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 22.1.1.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.2/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim sparse-mode	在接口上启用 PIM-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ip route 11.1.1.0/24 12.1.1.1	配置静态单播路由
Switch(config)# ip pim rp-candidate eth-0-9	配置候选 RP 接口
Switch(config)# ip pim bsr-candidate eth-0-9	配置候选 BSR 接口



说明

一般选择最高优先级的路由器为 RP。如果有两个或多个路由器的优先级相同，会运用 BSR 机制中的哈希函数选择 RP，以确保在 PIM 域的所有路由器对应同一组的 RP。使用 **ip pim rp-candidate** *if-name* **priority** *priority-value* 命令来改变候选 RP 的默认优先级。

ii. 命令验证

使用 **show ip pim sparse-mode rp mapping** 命令显示组-RP 映射的详细信息，输出内容是候选 RP 信息。对应该范围 224.0.0.0 / 4 的组有两个候选 RP。候选 RP 11.1.1.1 默认的优先级 192，而候选 RP 12.1.1.2 的优先级为 2。由于候选 RP 12.1.1.2 由于具有更高的优先权，它被选中作为组播组 224.0.0.0/24 的 RP。

```
S2# show ip pim sparse-mode rp mapping

    PIM group-to-RP mappings
    This system is the bootstrap router (v2)
    Group(s): 224.0.0.0/4
     RP: 12.1.1.2
       Info source: 12.1.1.2, via bootstrap, priority 2
          Uptime: 01:55:20, expires: 00:02:17
```

```
RP: 11.1.1.1
  Info source: 11.1.1.1, via bootstrap, priority 192
    Uptime: 01:55:23, expires: 00:02:13
```

使用下面的命令显示特定组的 RP 路由器的信息。此输出显示已选择 12.1.1.2 为组播组 224.1.1.1 的 RP。

```
S2# show ip pim sparse-mode rp-hash 224.1.1.1

  RP: 12.1.1.2
  Info source: 12.1.1.2, via bootstrap
```

RP 信息达到域中的所有 PIM 路由器后，各状态机保持所有路由从组成员的加入/剪枝的结果。若需显示接口的详细信息和组播路由表的信息，请参见配置静态 RP 的部分。

9.3.6.2 配置自举路由器示例

i. 介绍

BSR 是 PIM-SM 网络里的管理核心，主要负责以下内容：

- 收集网络中 Candidate-RP（C-RP）发来的 Advertisement 宣告信息。
- 为每个组播组选择部分 C-RP 信息以组成 RP-Set 集（即组播组和 RP 的映射数据库）。
- 发布到整个 PIM-SM 网络，从而使网络内的所有路由器（包括 DR）都会定位 RP 的位置。

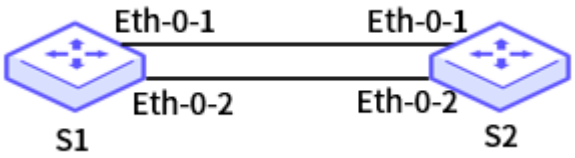
在一个 PIM 域中，需要配置一个或多个候选 BSR，候选 BSR 之间通过自动选举，产生自举路由器 BSR，负责收集并发布 RP 信息。下面简单描述一下候选 BSR 之间的自动选举：

- 在将路由器配置为候选 BSR 时，必须同时指定一个启动了 PIM-SM 的接口。
- 每个候选 BSR 开始都以自身作为本 PIM-SM 的 BSR,并使用这个接口的 IP 地址作为 BSR 地址，发送自举报文。

- 当候选 BSR 收到其它路由器发来的自举报文时，它将新收到的自举报文的 BSR 地址与自己的 BSR 地址进行比较，比较标准包括优先级和 IP 地址，优先级相同的情况下，优先选择拥有较大的 IP 地址的报文。如果前者优先级更高或 IP 地址更大，则将这个新的 BSR 地址替换自己的 BSR 地址，并且不再作为自己的 BSR。否则，保留自己的 BSR 地址，继续将自己视为 BSR。
- 备选 RP 将自己的 RP 信息报告给自举路由器，然后自举路由器将汇聚的 RP 集通过自举报文发布到整个组播域的路由器。

ii. 拓扑

图 9-3 BSR配置拓扑图



iii. 配置步骤

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip pim bsr-candidate eth-0-1	指定 BSR 的候选接口（默认优先级 64）

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip pim bsr-candidate eth-0-1 10 25	配置 HASH 掩码长度为 10、优先级为 25 的 BSR 候选接口
Switch(config)# ip pim rp-candidate eth-0-1 priority 0	配置优先级为 0 的 RP 候选接口

通过命令 **ip pim unicast-bsm** 配置接口以单播方式发送和接收 BSM 消息。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip pim dr-priority 10	配置接口 DR 的优先级
Switch(config-if)# ip pim unicast-bsm	配置接口以单播方式发送和接收 BSM 消息

iv. 命令验证

1.检查候选 BSR 的信息：

```
Switch# show ip pim sparse-mode bsr-router

    PIMv2 Bootstrap information
    This system is the Bootstrap Router (BSR)
    BSR address: 20.0.1.21
    Uptime: 00:37:12, BSR Priority: 64, Hash mask length: 10
```

```
    Next bootstrap message in 00:00:04
    Role: Candidate BSR
    State: Elected BSR

Switch# show ip pim sparse-mode bsr-router

    PIMv2 Bootstrap information
    BSR address: 20.0.1.21
    Uptime: 00:02:39, BSR Priority: 64, Hash mask length: 10
    Expires: 00:00:03
    Role: Candidate BSR
    State: Pending BSR
    Switch# show ip pim sparse-mode bsr-router
    PIMv2 Bootstrap information
    BSR address: 20.0.1.21
    Uptime: 00:40:20, BSR Priority: 64, Hash mask length: 10
    Expires: 00:02:07
    Role: Candidate BSR
    State: Candidate BSR
```

2.在 E-BSR 上检查 RP:

```
Switch# show ip pim sparse-mode rp mapping

    PIM Group-to-RP Mappings
    This system is the Bootstrap Router (v2)
    Group(s): 224.0.0.0/4
    RP: 20.0.1.11
    Info source: 20.0.1.11, via bootstrap, priority 0
```

```
Uptime: 00:00:30, expires: 00:02:04
```

3.在 C-BSR 上检查 RP:

```
Switch# show ip pim sparse-mode rp mapping

  PIM Group-to-RP Mappings
  Group(s): 224.0.0.0/4
  RP: 20.0.1.11
  Info source: 20.0.1.21, via bootstrap, priority 0
  Uptime: 00:00:12, expires: 00:02:18
```

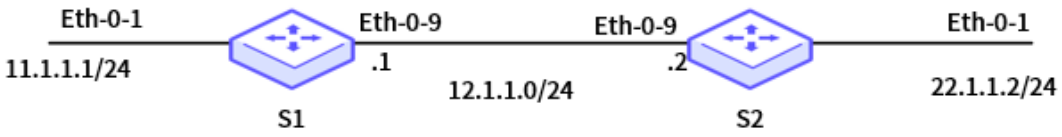
9.3.6.3 配置 PIM-DM 示例

i. 介绍

PIM-DM 是一个软状态协议。在所需的接口上启用 PIM-DM 协议。所有组播组的状态通过 IGMP 报告/离开和 PIM 消息来动态的维护。如下图，组播流从 S1 的 eth-0-1 口进来，接收者来与 S2 的 eth-0-1 相连。

ii. 拓扑

图 9-4 PIM-DM配置拓扑图



iii. 配置方法

S1 的配置如下:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入 eth-0-1 的接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	配置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 11.1.1.1/24	配置接口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim dense-mode	使能接口的 PIM-DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入 eth-0-9 的接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.1/24	配置接口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim dense-mode	使能接口的 PIM-DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 22.1.1.0/24 12.1.1.2	配置静态路由

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入 eth-0-1 的接口模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 22.1.1.2/24	配置接口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim dense-mode	使能接口的 PIM-DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入 eth-0-9 的接口模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 12.1.1.2/24	配置接口的 IP 地址
Switch(config-if)# ip pim dense-mode	使能接口的 PIM-DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ip route 11.1.1.0/24 12.1.1.1	配置静态路由

iv. 命令验证

1. 显示 S1 上接口的详细信息：

```
S1# show ip pim dense-mode interface

Address        Interface VIFIndex Ver/   Nbr
                                 Mode   Count
11.1.1.1       eth-0-1  0       v2/D   0
```

```
12.1.1.1        eth-0-9  1      v2/D  1
```

2. 显示 S1 上邻居的详细信息：

```
S1# show ip pim dense -mode neighbor

Neighbor-Address Interface        Uptime/Expires    Ver
12.1.1.2        eth-0-9          00:01:00/00:01:44 v2
```

3. 显示 S1 上 PIM-DM 组播路由表的信息：

```
S1# show ip pim dense-mode mroute

PIM-DM Multicast Routing Table
(11.1.1.2, 225.1.1.1)
 Source directly connected on eth-0-1
 State-Refresh Originator State: Originator
 Upstream IF: eth-0-1
  Upstream State: Forwarding
  Assert State: NoInfo
 Downstream IF List:
  eth-0-9, in 'olist':
    Downstream State: NoInfo
    Assert State: NoInfo
```

4. 显示 S2 上 PIM-DM 组播路由表的信息：

```
S2# show ip pim dense-mode mroute

PIM-DM Multicast Routing Table
(11.1.1.2, 225.1.1.1)
```

```
RPF Neighbor: none
Upstream IF: eth-0-9
 Upstream State: AckPending
 Assert State: NoInfo
Downstream IF List:
 eth-0-1, in 'olist':
  Downstream State: NoInfo
  Assert State: NoInfo
```

9.4 IGMP Snooping 配置

9.4.1 简介

IGMP Snooping（Internet Group Management Protocol Snooping，互联网组管理协议窥探）是运行在二层以太网交换机上的组播约束机制，帮助设备建立和维护二层组播转发表，使组播报文按需在数据链路层转发。

由于二层交换机无法学到组播 MAC 地址，组播报文在二层网络中被广播时，同一广播域的组播成员与非组播成员都能收到组播组报文。二层交换机通过 IGMP Snooping 可以有效地控制组播流量的泛洪，节省网络带宽的同时也提高了网络信息的安全性。当二层以太网交换收到主机和路由器之间传递的 IGMP 报文时，IGMP Snooping 将对 IGMP 报文所带的信息进行分析，将端口和 MAC 组播地址建立起映射关系，并根据这样的映射关系转发组播数据。组播路由器定期发送通用组查询来维护组播组成员关系。所有接收者将发送 IGMP 报告报文来响应这个查询，交换机通过这个监听 IGMP 报告报文来建立转发表项。

二层的组播组可以通过 IGMP 报文动态建立，也可以静态配置。静态配置的组播组将覆盖动态学的组播组。

说明

VRRP，RIP，OSPF 等协议使用了组播 IP 地址，因此在使能了 IGMP Snooping 的网络中，要避免使用这样的组播 IP 地址，它们映射出来的 MAC 地址和协议模块使用的组播 IP 地址映射出来的 MAC 地址一致。例如：

VRRP 使用了 224.0.0.18，在 IGMP Snooping 和 VRRP 网络中，避免使用组播 MAC 地址 0100.5E00.0012 映射出的组播 IP 地址；

RIP 使用了 224.0.0.9，在 IGMP Snooping 和 RIP 网络中，避免使用组播 MAC 地址 0100.5E00.0009 映射出的组播 IP 地址；

OSPF 使用了 224.0.0.5，在 IGMP Snooping 和 OSPF 网络中，避免使用组播 MAC 地址 0100.5E00.0005 映射出的组播 IP 地址

9.4.2 配置 IGMP Snooping 基本功能

9.4.2.1 使能 IGMP Snooping

用户可以在全局模式下或者单 VLAN 模式下启用 IGMP Snooping 功能。如果在全局模式下关闭 IGMP Snooping 功能，即使在单 VLAN 模式下启用 IGMP Snooping 也是无效的。如果在全局模式下开启该功能，可以在某个 VLAN 下关闭 IGMP Snooping。全局配置可以覆盖单 VLAN 配置。

表 9-29 使能 IGMP Snooping

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*]	全局模式或单 VLAN 模式下开启 IGMP	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

命令	操作	说明
	Snooping 功能	默认情况下，IGMP Snooping 在全局模式下和每个 VLAN 上使能

9.4.2.2 配置 IGMP Snooping 版本

表 9-30 配置 IGMP Snooping 版本

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **version** *version-number*	配置 IGMP Snooping 运行版本	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 version-number: IGMP Snooping 版本号，取值范围为 1~3；默认值为 2

9.4.3 配置 IGMP Snooping 组播路由端口

组播路由端口是交换机上连接到组播路由器的端口，可以动态学习或者静态配置。当某个 VLAN 的端口上收到 IGMP 通用组查询报文或者是 PIMv2 Hello 报文，该端口成为这个 VLAN 的组播路由端口。所有从组播路由端口上收到的 IGMP 查询报文要在所属 VLAN 内广播。所有 VLAN 上收到 IGMP 报告/离开报文也将从组播路由端口转发（报文抑制关闭的情况下），另外所有从该 VLAN 上收到的组播流量将从组播路由端口转发。

9.4.3.1 配置动态组播路由端口老化时间

表 9-31 配置动态组播路由端口老化时间

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **mrouter-aging-interval** *interval-value*	配置 VLAN 上的动态组播路由端口的老化时间间隔	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 老化时间间隔，取值范围为 1~65535，单位：秒；默认值为 255 秒

9.4.3.2 配置静态成员端口

交换机在二层端口上收到 IGMP 报文时会建立 IGMP Snooping 的组记录。目前系统也支持静态配置 IGMP Snooping 的组记录，在静态配置时需要指定组地址、二层端口以及二层端口所属的 VLAN。

表 9-32 配置静态成员端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **static-group** *group-address* [**source** *source-address*] **interface** *if-name*	配置 VLAN 的成员端口加入组播组或组播源组	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 group-address: 组播组地址 source-address: 组播源地址

命令	操作	说明
		if-name: VLAN 的成员端口名称

9.4.3.3 配置静态组播路由端口

表 9-33 配置静态组播路由端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **mrouter interface** *if-name*	配置 VLAN 上的静态组播路由端口	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 if-name: 接口名称

9.4.3.4 配置 IGMP Snooping 快速离开功能

正常情况下，IGMP Snooping 在接收到 IGMP 离开报文后不会直接将端口从组播组中删除，而是发送 IGMP 特定组查询报文，如果等待一段时间后没有得到响应，才会将该端口从组播组中删除。启动快速删除功能后，IGMP Snooping 收到 IGMP 离开报文时，直接将端口从组播组中删除。当端口下只有一个用户时，快速删除可以节省带宽。

表 9-34 配置 IGMP Snooping 快速离开功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **fast-leave**	配置 IGMP Snooping 快速离开功能	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

命令	操作	说明
		缺省情况下，IGMP Snooping 快速离开功能处于关闭状态

9.4.4 配置 IGMP Snooping 查询参数

三层交换机在所连接的网段上周期性地发送 IGMP 通用查询报文，通过解析返回的 IGMP 主机报告报文，获知该网段内的组播组成员信息。组播路由器周期性地发送查询报文，当得到某一组成员的 IGMP 主机报告报文的时候，刷新该网段相应的组成员关系信息。

9.4.4.1 配置 IGMP 查询与响应

用户可以选择在全局配置模式或者单个 VLAN 模式下配置 IGMP 的查询与响应。

表 9-35 配置 IGMP 查询与响应

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **query-interval** *interval-value*	配置 IGMP 通用查询报文发送的时间间隔	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 查询间隔的取值范围为 2~18000；默认值为 125 秒。 查询的间隔时间不能小于 IGMP Snooping 查询最大的响应时间

命令	操作	说明
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **query-max-response-time** *time*	配置等待查询应答报文的超时时间	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 time: 超时时间的取值范围为 1~25，单位：秒；默认值为 10 秒
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **last-member-query-interval** *interval-value*	配置最后成员查询报文的时间间隔	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 查询间隔的范围为 1000~25500，单位：毫秒；默认值为 1000 毫秒

9.4.4.2 配置 IGMP 查询器

表 9-36 配置 IGMP 查询器

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **querier address** *source-address*	配置 VLAN 上组播查询器的源地址	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 source-address: 组播查询器源地址
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **querier**	使能 VLAN 上的组播查询器功能	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

命令	操作	说明
		缺省情况下，组播查询器功能处于关闭状态
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **querier-timeout** *interval-value*	配置 VLAN 上查询器老化时间	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 查询器老化时间间隔，取值范围为 60~300，单位：秒；默认值为 255 秒

9.4.4.3 配置查询器源 IP 地址

表 9-37 配置查询器源 IP 地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping global source-address *address*	配置 IGMP Snooping 查询器源地址	address: 查询器源 IP 地址 缺省情况下，IGMP Snooping 查询器源 IP 地址为 0.0.0.0

9.4.4.4 配置 TCN 查询参数

可以通过配置 TCN 的时间间隔以及查询次数来适应 STP 收敛拓扑后的组播组学习以及更新。

表 9-38 配置 TCN 查询参数

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping querier tcn { **enable** | **query-count** *count* | **query-interval** *interval-value* | **query-max-response-time** *time* }	配置 IGMP Snooping TCN 查询参数	count: TCN 查询次数，取值范围为 1~10，默认值为 2 interval-value: TCN 查询间隔，取值范围为 1~255，单位：秒；默认值为 10 秒 time: TCN 查询最大响应时间，取值范围为 1~10，单位：秒；默认值为 5 秒

9.4.5 配置组播组控制规则

9.4.5.1 配置组播组过滤

表 9-39 配置组播组过滤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping vlan *vlan-id* **access-group** *acl-list*	配置允许加入的组播组范围	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 acl-list: 访问控制列表名称

9.4.5.2 配置丢弃未知组播流量

表 9-40 配置丢弃未知组播流量

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **discard-unknown**	配置丢弃未知组播流量	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 缺省情况下，未知组播流量在 VLAN 内泛洪

9.4.5.3 配置报告报文抑制

交换机使用 IGMP 报告报文抑制功能，抑制重复发送同一个 IGMP 报文至组播路由器。当 IGMP 路由器抑制使能时（默认），交换机将第一个 IGMP 报告报文发送给组播路由器，其余相同的 IGMP 报告报文将不再发送给组播路由器。

表 9-41 配置报告报文抑制

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip igmp snooping [**vlan** *vlan-id*] **report-suppression**	配置设置端口对 IGMPv1/v2 的成员报告报文进行抑制	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 缺省情况下，报告报文抑制功能处于开启状态； IGMP Snooping 在 V3 模式工作时，成员报告报文不进行抑制

9.4.6 显示与维护

表 9-42 显示与维护

命令	操作	说明
show ip igmp snooping global	查看 IGMP Snooping 的全局配置	-
show ip igmp snooping groups	显示 IGMP snooping 组播组信息	-
show ip igmp snooping groups vlan *vlan-id* [*group-address*]	显示指定VLAN 上的组播组信息	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 group-address: 组播组地址
show ip igmp snooping groups vlan *vlan-id* **count**	显示 IGMP Snooping 组播组数目	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094
show ip igmp snooping querier [**vlan** *vlan-id*]	显示 IGMP Snooping 查询器相关信息	
show ip igmp snooping mrouter [**vlan** *vlan-id*]	显示组播路由端口信息	
show ip igmp snooping vlan *vlan-id*	显示 VLAN 上的 IGMP Snooping 信息	

命令	操作	说明
show resource l2mcast	显示二层组播资源使用情况	-
clear ip igmp snooping group *	删除所有的 IGMP Snooping 组信息	*: 所有组信息
clear ip igmp snooping vlan *vlan-id*	删除指定VLAN 上的组播组信息	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

9.4.7 配置举例

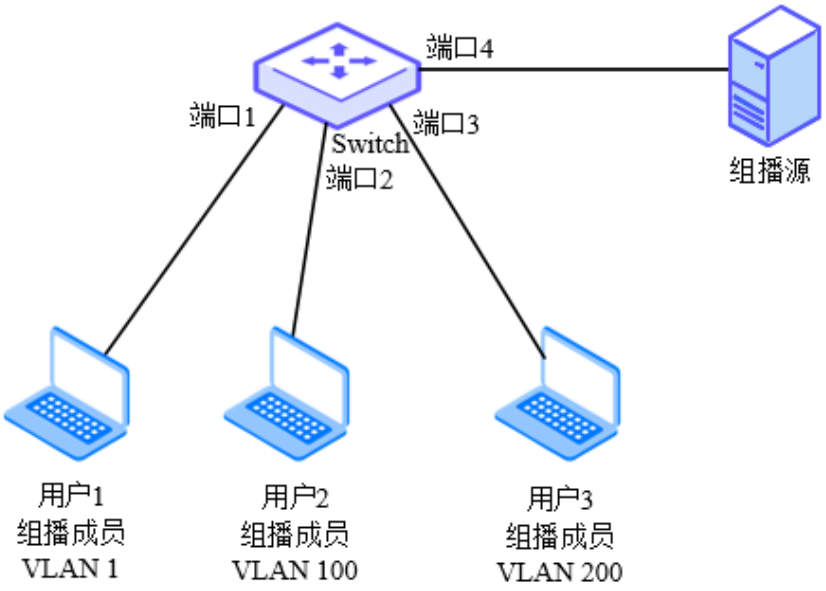
9.4.7.1 配置启用 IGMP Snooping

i. 简介

如下图，Switch 对组播组 VLAN 1、VLAN 200、VLAN 300 进行监控，成员 1、成员 2、成员 3 能够加入/离开组播组。

ii. 拓扑

图 9-5 IGMP Snooping配置拓扑图



iii. 配置步骤

1. 创建VLAN与配置端口VLAN

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 100,200	创建 VLAN 100,200
Switch(config-vlan)# quit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport mode access	设置接口为 Access 类型
Switch(config-if)# quit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 100	将 Access 接口添加到 VLAN 100
Switch(config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 200	将 Access 接口添加到 VLAN 200
Switch(config-if)# quit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-4	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport mode trunk	设置接口成为 Trunk 类型
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all	允许所有 VLAN 的报文在 Trunk 类型的接口上传送
Switch(config-if)# quit	退出接口配置模式

2. 使能IGMP Snooping

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ip igmp snooping	全局模式下启用 IGMP Snooping
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1	在单 VLAN 模式下启用 IGMP Snooping
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 100	在单 VLAN 模式下启用 IGMP Snooping
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 200	在单 VLAN 模式下启用 IGMP

命令举例	操作步骤
	Snooping

3. 配置IGMP Snooping快速离开

命令举例	操作步骤
Switch(config)#ip igmp snooping fast-leave	全局模式下启用快速离开功能
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 fast-leave	在 VLAN 模式下启用快速离开功能
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 100 fast-leave	在 VLAN 模式下启用快速离开功能
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 200 fast-leave	在 VLAN 模式下启用快速离开功能

iv. 命令验证

显示 VLAN 1、VLAN 100、VLAN 200 上 IGMP Snooping 的信息：

```
Switch# show ip igmp snooping vlan 1
Global Igmp Snooping Configuration
----------------------------------------------
Igmp Snooping                    :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave         :Enabled
Igmp Snooping Version            :2
Igmp Snooping Robustness Variable    :2
Igmp Snooping Max-Member-Number      :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
```

```
Igmp Snooping Report-Suppression        :Enabled
Vlan 1
----------
Igmp Snooping                   :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave            :Enabled
Igmp Snooping Report-Suppression        :Enabled
Igmp Snooping Version               :2
Igmp Snooping Robustness Variable       :2
Igmp Snooping Max-Member-Number         :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Group Access-list         :N/A
Igmp Snooping Mrouter Port              :
Igmp Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :255

Switch# show ip igmp snooping vlan 100
Global Igmp Snooping Configuration
-----------------------------------------------
Igmp Snooping                   :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave            :Enabled
Igmp Snooping Version               :2
Igmp Snooping Robustness Variable       :2
Igmp Snooping Max-Member-Number         :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Report-Suppression        :Enabled
Vlan 100
----------
Igmp Snooping                   :Enabled
```

```
Igmp Snooping Fast-Leave            :Enabled
Igmp Snooping Report-Suppression    :Enabled
Igmp Snooping Version               :2
Igmp Snooping Robustness Variable   :2
Igmp Snooping Max-Member-Number     :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Group Access-list     :N/A
Igmp Snooping Mrouter Port          :
Igmp Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :255

Switch# show ip igmp snooping vlan 200
Global Igmp Snooping Configuration
-----------------------------------------------
Igmp Snooping                       :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave            :Enabled
Igmp Snooping Version               :2
Igmp Snooping Robustness Variable   :2
Igmp Snooping Max-Member-Number     :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Report-Suppression    :Enabled
Vlan 200
-----------
Igmp Snooping                       :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave            :Enabled
Igmp Snooping Report-Suppression    :Enabled
Igmp Snooping Version               :2
Igmp Snooping Robustness Variable   :2
```

```
Igmp Snooping Max-Member-Number        :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Group Access-list        :N/A
Igmp Snooping Mrouter Port             :
Igmp Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :255
Switch #
```

9.4.7.2 配置组播路由端口示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip igmp snooping report-suppression	启用 IGMP Snooping 的报告抑制功能
Switch(config)# ip igmp snooping vlan 1 mrouter interface eth-0-1	配置静态组播路由端口
Switch(config)# ip igmp snooping vlan 1 report-suppression	在 VLAN1 上启用报告抑制功能
Switch(config)# ip igmp snooping vlan 1 mrouter-aging-interval 200	配置动态组播路由端口老化时间

ii. 命令验证

显示 VLAN1 上 IGMP Snooping 的信息：

```
Switch# show ip igmp snooping vlan 1
```

```
Global Igmp Snooping Configuration
-----------------------------------------------
Igmp Snooping                    :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave         :Disabled
Igmp Snooping Version            :2
Igmp Snooping Robustness Variable    :2
Igmp Snooping Max-Member-Number      :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Report-Suppression     :Enabled
Vlan 1
----------
Igmp Snooping                    :Enabled
Igmp Snooping Fast-Leave         :Disabled
Igmp Snooping Report-Suppression     :Enabled
Igmp Snooping Version            :2
Igmp Snooping Robustness Variable    :2
Igmp Snooping Max-Member-Number      :2048
Igmp Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Igmp Snooping Group Access-list      :N/A
Igmp Snooping Mrouter Port           :eth-0-1
Igmp Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :200
```

9.4.7.3 配置 IGMP Snooping 查询参数示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch #configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ip igmp snooping query-interval 100	配置查询时间间隔是 100 秒
Switch(config)# ip igmp snooping query-max-response-time 5	配置查询的最大响应时间 5 秒
Switch(config)#ip igmp snooping last-member-query-interval 2000	配置当仅存最后一个成员时的查询间隔
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 querier address 10.10.10.1	在 VLAN1 上配置 IGMP Snooping 的查询地址
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 querier	在 VLAN1 上启用 IGMP Snooping 的查询功能
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 query-interval 200	在 VLAN1 上配置查询时间间隔为 200 秒
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 query-max-response-time 5	在 VLAN1 上配置查询的最大响应时间为 5 秒
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 querier-timeout 100	在 VLAN1 上配置查询超时时间为 100 秒
Switch(config)#ip igmp snooping vlan 1 last-member-query-interval 2000	在 VLAN1 上配置特定组的查询间隔为 2000 秒
Switch(config)# ip igmp snooping vlan 1 discard-unknown	在 VLAN1 上配置丢弃未知组播报文
Switch(config)# ip igmp snooping	在全局模式下配置丢弃未知组播报文

命令举例	操作步骤
discard-unknown	

ii. 命令验证

显示 IGMP Snooping 查询器相关信息：

```
Switch # show ip igmp snooping querier

    Global Igmp Snooping Querier Configuration
    ------------------------------------------------
    Version                 :2
    Last-Member-Query-Interval (msec) :2000
    Last-Member-Query-Count       :2
    Max-Query-Response-Time (sec)   :5
    Query-Interval (sec)         :100
    Global Source-Address        :0.0.0.0
    TCN Query Count            :2
    TCN Query Interval (sec)      :10
    TCN Query Max Respose Time (sec)  :5
    Vlan 1:  IGMP snooping querier status
    ----------------------------------------
    Elected querier is : 0.0.0.0
    ----------------------------------------
    Admin state              :Enabled
    Admin version             :2
    Operational state          :Non-Querier
    Querier operational address     :10.10.10.1
```

```
Querier configure address       :10.10.10.1
Last-Member-Query-Interval (msec) :2000
Last-Member-Query-Count         :2
Max-Query-Response-Time (sec)    :5
Query-Interval (sec)            :200
Querier-Timeout (sec)           :100
```

9.4.7.4 配置 TCN 查询示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip igmp snooping querier tcn query-count 5	配置 TCN 的查询次数为 5
Switch(config)# ip igmp snooping querier tcn query-interval 20	配置 TCN 的查询时间间隔为 20 秒

ii. 命令验证

显示 IGMP Snooping 查询器相关信息：

```
Switch # show ip igmp snooping querier

    Global Igmp Snooping Querier Configuration
    ---------------------------------------------
    Version                 :2
    Last-Member-Query-Interval (msec) :1000
    Max-Query-Response-Time (sec)    :10
```

```
Query-Interval (sec)          :125
Global Source-Address         :0.0.0.0
TCN Query Count               :5
TCN Query Interval (sec)      :20
Vlan 1:  IGMP snooping querier status
----------------------------------------
Elected querier is : 0.0.0.0
----------------------------------------
Admin state                   :Disabled
Admin version                 :2
Operational state             :Non-Querier
Querier operational address   :0.0.0.0
Querier configure address     :N/A
Last-Member-Query-Interval (msec) :1000
Max-Query-Response-Time (sec)    :10
Query-Interval (sec)          :125
Querier-Timeout (sec)         :255
```

9.4.7.5 配置静态组播组示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip igmp snooping vlan 1 static-group 229.1.1.1 interface eth-0-2	配置静态组播组 229.1.1.1，VLAN1 的成员端口为 eth-0-2

ii. 命令验证

显示 IGMP Snooping 组播组信息：

```
Switch# show ip igmp snooping groups

  VLAN  Interface    Group-Address    Uptime    Expires-time
  1     eth-0-2      229.1.1.1        00:01:08  stopped
```

10 VPN 配置指导

10.1 VRF 配置

10.1.1 简介

VRF（Virtual Routing and Forwarding）又称为 VPN 路由转发表，也称作 VPN Instance（VPN 实例），是运营商边缘路由器（PE）为直接相连的站点建立并维护的一个专门实体，每个站点在 PE 上都有自己的 VPN 实例，每个 VPN 实例包含一个或多个与该 PE 直接相连的用户边缘路由器（CE）的路由和转发表。P 路由器是运营商网络主干路由器，负责快速转发数据，不与 CE 直接相连。CE、PE 和 P 路由器构成了 MPLS VPN 网络，根据 PE 路由器是否参与用户的路由，MPLS VPN 分为二层 MPLS VPN 和三层 MPLS VPN，其中三层 MPLS VPN 使用 BGP 在 PE 路由器之间分发路由信息，利用 MPLS 技术在 VPN 站点间传输数据，因此又称为 BGP/MPLS VPN。

VRF 可以把一台路由器在逻辑上划分为多台虚拟的路由器，每台虚拟的路由器就像单独的一台路由器一样工作，有自己独立的路由表和相应的参与数据转发的接口，并且彼此业务隔离。这从根本上满足了多种业务并存于一台物理设备且又需要隔离用户的需求，能够节省用户在设备及通信资源方面的投入。

10.1.2 配置 VRF

10.1.2.1 创建 VRF 路由转发表

表 10-1 创建 VRF 路由转发表

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip vrf *vrf-name*	创建 VRF 路由转发表，并进入 VRF 配置模式	缺省情况下，未创建 VRF 路由转发表

10.1.2.2 创建 RD

RD（Route Distinguisher）即路由区分符，如果一台 PE 接收到远端 PE 发来的不同 VRF 的相同路由时，会在路由前面加上特殊信息。RD 值一共有 8 个字节，8 个字节的 RD 加上 4 个字节的 IPv4 地址组成 96 位 VPNv4 路由，使不唯一的 IPv4 地址转化为唯一的 VPN-IPv4 地址。在 PE 发布路由时加上这些信息，远端 PE 接收到路由后放在本地路由表中，与之后接收到的路由进行比较，避免地址冲突。

表 10-2 创建 RD

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip vrf *vrf-name*	创建 VRF 路由转发表，并进入 VRF 配置模式	缺省情况下，未创建 VRF 路由转发表
rd *rd-value*	创建 RD	rd-value：RD 值的格式为 ASN:NN 或 IP-address:NN

10.1.2.3 创建 Router ID

在 VRF 模式下，创建 Router ID（路由器标识符）可以识别路由域的标识符。

表 10-3 创建 Router ID

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip vrf *vrf-name*	创建 VRF 路由转发表，并进入 VRF 配置模式	缺省情况下，未创建 VRF 路由转发表
router-id *ip-address*	创建 Router ID	ip-address: 以 IP 地址表示的路由器标志符

10.1.2.4 创建 RT

RT（Route Target），通过路由目标可以实现不同 VRF 之间的路由互通。其本质就是 BGP 的团体属性。

表 10-4 创建 RT

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip vrf *vrf-name*	创建 VRF 路由转发表，并进入 VRF 配置模式	缺省情况下，未创建 VRF 路由转发表
route-target { **both** | **export** | **import** } *rt-value*	创建 RT	rt-value: RT 值的格式为 ASN:NN 或 IP-address:NN

10.1.3 配置接口加入 VPN 转发实例

使用该命令将会删除接口上原来的 IP 地址，用户必须重新配置 IP 地址。

表 10-5 配置接口加入 VPN 转发实例

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ip vrf *vrf-name*	创建 VRF 路由转发表，并进入 VRF 配置模式	缺省情况下，未创建 VRF 路由转发表
exit	退出 VRF 配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
ip vrf forwarding *vrf-name*	配置将三层接口加入 VPN 转发实例	vrf-name: VPN 路由转发实例名

10.1.4 显示与维护

表 10-6 显示与维护

命令	操作	说明
show ip vrf [**bgp** [**brief** | **detail**] | **interfaces** | **ospf** | **rip** | *vrf-name*]	显示 VRF 以及相关的接口信息	vrf-name: VPN 路由转发实例名

10.1.5 配置举例

10.1.5.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip vrf vpn1	创建 VRF 并进入 VRF 配置模式
Switch(config-vrf)# rd 100:1	创建 RD
Switch(config-vrf)# router-id 1.1.1.1	配置路由器标志
Switch(config-vrf)# route-target both 100:1	创建 RT
Switch(config-vrf)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	配置端口 UP
Switch(config-if)# no switchport	配置端口为三层端口
Switch(config-if)# ip vrf forwarding vpn1	配置将三层接口加入 VPN 转发实例 vpn1
Switch(config-if)# ip add 1.1.1.1/24	配置 IP 地址
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式

10.1.5.2 命令验证

完成上述步骤后，显示 VRF 以及相关的接口信息：

```
Switch# show ip vrf
```

```
VRF vpn1, FIB ID 1
Router ID: 1.1.1.1 (config)
Interfaces:
 eth-0-1
Switch# show ip vrf interfaces vpn1
Interface          IP-Address     VRF              Protocol
eth-0-1            1.1.1.1        vpn1             up
Switch# show ip vrf bgp brief
Name               Default RD        Interfaces
vpn1               100:1             eth-0-1
Switch# show ip vrf bgp detail
VRF vpn1; default RD 100:1
Interfaces:
 eth-0-1
VRF Table ID = 1
Export VPN route-target communities
 RT:100:1
Import VPN route-target communities
 RT:100:1
```

11 IP 业务配置指导

11.1 ARP 配置

11.1.1 简介

ARP（Address Resolution Protocol，地址解析协议）用于将网络层的 IP 地址解析为数据链路层的物理地址（MAC 地址）。

ARP 协议有两个基本功能：将 IPv4 地址解析为 MAC 地址、维护 IP 地址和 MAC 地址映射的缓存。当一个接口请求的地址映射不在缓存中，则设备将会缓存接收到的报文并在相应的子网内广播一个地址请求，如果获得响应，则生成新的地址映射并且发送缓存的报文。ARP 在等待地址映射回应消息的时候最多缓存一个报文，而且只有最近传输的报文才会被保存。如果目的主机在 3 次请求后都无法响应，则主机被认为故障，同时相应的错误消息将被返回。如果目的主机在一段时间内（通常为一小时）不发送消息，主机可能出现问题，在删除 ARP 表项之前请求（一般为 6 个：3 个单播和 3 个广播）将被发送到主机上。

ARP 表项可以分为动态 ARP 表项与静态 ARP 表项两种类型。

动态 ARP 表项：由 ARP 协议通过 ARP 报文自动生成与维护，可以被老化、可以被 ARP 报文更新、也能被静态 ARP 表项覆盖；

静态 ARP 表项：可以通过手工添加、删除、修改。手工添加的表项是永久的，不会老化或者被动态 ARP 表项所覆盖。

11.1.2 配置 ARP

11.1.2.1 添加静态 ARP 表项

添加的 IP 地址不能为广播地址、多播地址或者本地环回地址、或者形如 0.X.X.X/8 的地址；所添加的 MAC 地址不能为广播地址、多播地址、设备本身地址或者全 0 地址；添加的静态 ARP 不能被 **clear arp-cache** 命令删除。

表 11-1 添加静态 ARP 表项

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
arp [**vrf** *vrf-name*] *ip-address hardware-address*	添加静态 ARP 表项	vrf-name: VRF 实例名称 ip-address: 添加的静态映射的 IP 地址 hardware-address: 添加的静态映射的 MAC 地址，格式为”HHHH.HHHH.HHHH”

11.1.2.2 配置发送 ARP 请求报文的时间间隔

此功能无法在二层端口上配置，使用 **no switchport** 命令关闭端口的二层功能。

表 11-2 配置发送 ARP 请求报文的时间间隔

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称

命令	操作	说明
no switchport	配置接口为三层接口	-
arp retry-interval *seconds*	配置发送 ARP 请求报文的时间间隔	seconds: 发送 ARP 请求报文的时间间隔，取值范围为 1~10，单位：秒；默认值为 10 秒

11.1.2.3 配置动态 ARP 表项的老化时间

此功能无法在二层端口上配置，使用 **no switchport** 命令关闭端口的二层功能。

表 11-3 配置动态 ARP 表项的老化时间

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
arp timeout *seconds*	配置动态 ARP 表项的老化时间	seconds: 动态 ARP 表项的老化时间，取值范围为 1~2147483，单位：秒；默认值为 3600 秒

11.1.3 配置代理 ARP

代理 ARP 是由 ARP 协议演变而来。如果计算机没有配置缺省网关，又需要和其他网络中的计算机实现通信，网关收到源计算机的 ARP 请求后，会使用自己的 MAC 地址与目标计算机的 IP 地址对源计算机进行应答。代理 ARP 就是将一个主机作为对另一个主机 ARP 进行应答。

代理 ARP 又分为普通代理 ARP 和本地代理 ARP。

同一网段内连接到设备的不同 VLAN 接口的主机，可以利用设备的代理 ARP 功能，通过三层转发实现互通。为了实现三层互通，如果以太网交换机或其下挂的交换机开启了二层端口隔离功能，则需要开启本地代理 ARP 功能。



说明

开启本地 ARP 代理功能后，ICMP 重定向功能将自动关闭。

11.1.3.1 配置普通代理 ARP

如果未启用 ARP 代理功能，只有当目的 IP 地址属于设备自己的 ARP 请求报文时，设备才会回应。

表 11-4 配置普通代理 ARP

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
no shutdown	端口 UP	-
ip address *ip-address/mask-length*	设置 IP 地址	ip-address: IPv4 地址 mask-length: 掩码长度

命令	操作	说明
proxy-arp enable	开启普通代理 ARP 功能	缺省情况下，普通 ARP 代理功能处于关闭状态

11.1.3.2 配置本地代理 ARP

本地 ARP 代理功能使得三层设备对目的 IP 地址和接收端口属于同一个子网的 ARP 请求报文作出回应。本地 ARP 代理最常见的应用场景是交换机或其下挂的交换机开启了二层端口隔离功能。使能本地 ARP 代理功能时，ICMP 重定向功能被自动关闭。

表 11-5 配置本地代理 ARP

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
no shutdown	端口 UP	-
ip address *ip-address/mask-length*	配置 IP 地址	ip-address: IPv4 地址 mask-length: 掩码长度
local-proxy-arp enable	开启本地代理 ARP 功能	缺省情况下，本地 ARP 代理功能处于关闭状态

11.1.4 显示与维护

表 11-6 显示与维护

命令	操作	说明
clear arp-cache [**vrf** *vrf-name* | **interface** *if-name* | **force-delete**] *	更新公网内所有动态 ARP 表项	vrf-name: VRF 实例名称 if-name: 接口名称 ip-address: 动态 ARP 表项的 IP 地址 使用此命令后，系统将探测 ARP cache 中的各项，探测失败的项将被清除
clear ip arp [**vrf** *vrf-name*] *ip-address* [**force-delete**]	更新某个指定的动态 ARP 表项	
clear arp-cache static	清除所有静态 ARP 表项	-
clear ip arp [**vrf** *vrf-name*] **statistics**	清除 ARP 报文统计消息	vrf-name: VRF 实例名称
show ip arp [**vrf** *vrf-name*] **interface** *if-name*	查看所有 ARP 条目，包括动态和静态表项	vrf-name: VRF 实例名称 if-name: 接口名称
show ip arp [**vrf** *vrf-name*] **summary**	查看 ARP 表项的统计信息	vrf-name: VRF 实例名称

11.1.5 配置举例

11.1.5.1 添加静态 ARP 表项示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	配置端口为三层接口
Switch(config-if)# ip address 11.11.11.1/24	配置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# arp timeout 1200	配置动态 ARP 表项的老化时间
Switch(config-if)# arp retry-interval 2	配置发送 ARP 请求报文的时间间隔
Switch(config)# arp 11.11.11.2 1a.a011.eca2	添加静态 ARP 条目

ii. 命令验证

- 查看所有ARP表项以及统计信息：

```
Switch# show ip arp

    Protocol  Address       Age (min)  Hardware Addr   Interface
    Internet  11.11.11.2          -   001a.a011.eca2  eth-0-1

Switch# show ip arp summary

    1 IP ARP entries, with 0 of them incomplete
    (Static:0,  Dyamic:0, Interface:1)
    ARP Pkt Received is: 0
    ARP Pkt Send number is: 0
    ARP Pkt Dicard number is: 0
```

- 查看ARP请求重发时延与老化时间：

```
Switch# show interface eth-0-1

    Interface eth-0-1
     Interface current state: Administratively DOWN
     Hardware is Ethernet, address is 6c02.530c.2300 (bia 6c02.530c.2300)
     Bandwidth 1000000 kbits
     Index 1 , Metric 1 , Encapsulation ARPA
     Speed - Auto , Duplex - Auto  , Media type is 1000BASE_T
     Link speed type is autonegotiation, Link duplex type is autonegotiation
     Input flow-control is off, output flow-control is off
     The Maximum Frame Size is 1534 bytes
     VRF binding: not bound
     Label switching is disabled
     No virtual circuit configured
     VRRP master of :  VRRP is not configured on this interface
     ARP timeout 00:20:00,  ARP retry interval 2s
     5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
     5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
      0 packets input, 0 bytes
      Received 0 unicast, 0 broadcast, 0 multicast
      0 runts, 0 giants, 0 input errors, 0 CRC
      0 frame, 0 overrun, 0 pause input
      0 input packets with dribble condition detected
      0 packets output, 0 bytes
      Transmitted 0 unicast, 0 broadcast, 0 multicast
```

```
0 underruns, 0 output errors, 0 pause output
```

11.1.5.2 配置代理 ARP 示例

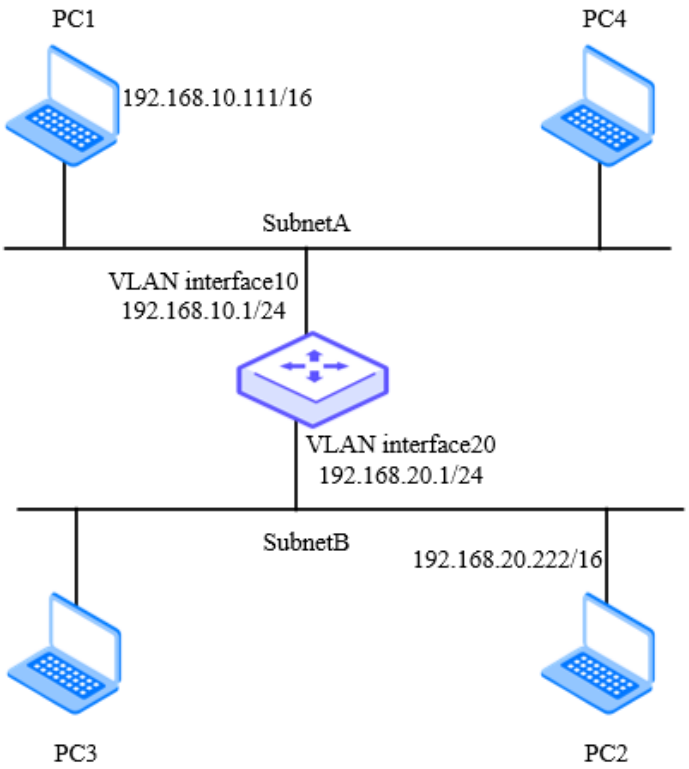
1. 配置普通代理ARP

i. 介绍

如下图所示，PC1 属于 VLAN10，PC2 属于 VLAN20，在 VLAN interface10 和 VLAN interface 20 上各自配置代理 ARP，实现 PC1 和 PC2 之间的互通。

ii. 拓扑

图 11-1 普通代理ARP拓扑图



iii. 配置步骤

按照下面的配置步骤在 VLAN10 和 VLAN 20 上使能 ARP 代理功能。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10,20	创建 VLAN 10, VLAN 20
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-22	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 10	将接口加到 VLAN 10 中
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-23	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 20	将接口加到 VLAN 20 中
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan 10	创建三层 VLAN 接口 10，进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.10.1/24	配置接口地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# proxy-arp enable	使能普通代理 ARP 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan 20	创建三层 VLAN 接口 20，进入接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.20.1/24	配置接口地址
Switch(config-if)# proxy-arp enable	使能普通代理 ARP 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

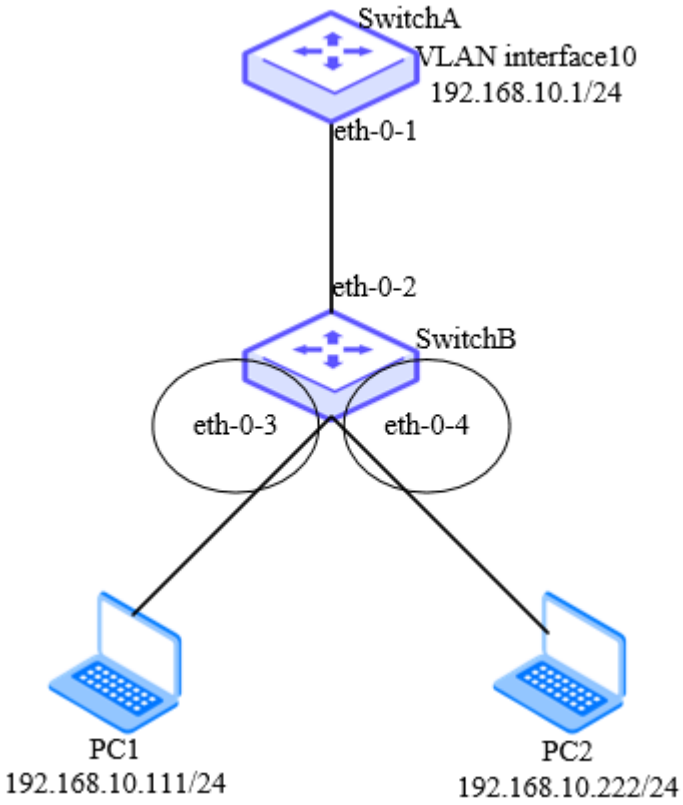
2. 配置本地代理ARP

i. 介绍

如下图所示，Switch B 上的 3 个 2 层端口 eth-0-2、eth-0-3 和 eth-0-4 都属于 VLAN 10，其中 eth-0-3 和 eth-0-4 在同一个隔离组 1，所以 eth-0-3 和 eth-0-4 之间不能互相通信。eth-0-2 在隔离组 3，所以 eth-0-2 能和 eth-0-3、eth-0-4 互相通信。PC1 和 PC2 分别连接到 Switch B 的 eth-0-3 和 eth-0-4 端口，且均属于 VLAN10。

ii. 拓扑

图 11-2 本地代理ARP拓扑图



iii. 配置步骤

Switch B 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10	创建 VLAN 10
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 10	将接口加到 VLAN 10
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-4	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 10	将接口加到 VLAN 10
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 10	将接口加到 VLAN 10
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# port-isolate mode l2	配置端口隔离模式
Switch(config-if)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-isolate group 1	配置端口属于隔离组 1
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-4	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-isolate group 1	配置端口属于隔离组 1
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# port-isolate group 3	配置端口属于隔离组 3
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

Switch A 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	进入 VLAN 配置模式
Switch(config-vlan)# vlan 10	创建 VLAN 10
Switch(config-vlan)# exit	退出 VLAN 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport access vlan 10	将接口加到 VLAN 10
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface vlan 10	创建 3 层接口 VLAN 10，进入 VLAN

命令举例	操作步骤
	接口配置模式
Switch(config-if)# ip address 192.168.10.1/24	配置接口的 3 层地址
Switch(config-if)# local-proxy-arp enable	使能本地 ARP 代理
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

iv. 命令验证

- 查看交换机Switch A上的输出结果：

```
Switch# show ip arp

  Protocol   Address        Age (min)  Hardware Addr   Interface
  Internet   192.168.10.1        -   eeb4.2a8d.6c00  vlan10
  Internet   192.168.10.111       0   34b0.b279.5f67  vlan10
  Internet   192.168.10.222       0   2a65.9618.57fa  vlan10

Switch# show ip interface vlan 10

 Interface vlan10
  Interface current state: UP
  Internet address(es):
   192.168.10.1/24 broadcast 192.168.10.255
  Joined group address(es):
   224.0.0.1
  The maximum transmit unit is 1500 bytes
```

```
ICMP error messages limited to one every 1000 milliseconds
ICMP redirects are never sent
ICMP unreachables are always sent
ICMP mask replies are always sent
ARP timeout 01:00:00,  ARP retry interval 1s
ARP Proxy is disabled, Local ARP Proxy is enabled
VRRP master of :  VRRP is not configured on this interface
```

- 查看主机PC1上的输出结果：

```
[Host: ~]$ ifconfig eth0

  eth0     Link encap:Ethernet  HWaddr 34:B0:B2:79:5F:67
           inet addr:192.168.10.111  Bcast:192.168.10.255  Mask:255.255.255.0
           UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1600  Metric:1
           RX packets:22 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
           TX packets:28 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
           collisions:0 txqueuelen:1000
           RX bytes:1344 (1.3 KiB)  TX bytes:2240 (2.1 KiB)
           Interrupt:5

[Host: ~]$ arp -a

  ? (192.168.10.222) at ee:b4:2a:8d:6c:00 [ether] on eth0

[Host: ~]$ ping 192.168.10.222

  PING 192.168.10.222 (192.168.10.222) 56(84) bytes of data.
  64 bytes from 192.168.10.222: icmp_seq=0 ttl=63 time=131 ms
  64 bytes from 192.168.10.222: icmp_seq=1 ttl=63 time=159 ms
  --- 192.168.10.222 ping statistics ---
```

```
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1003ms
rtt min/avg/max/mdev = 131.078/145.266/159.454/14.188 ms, pipe 2
```

- 查看主机PC2上的输出结果：

```
[Host:~]$ ifconfig eth0

  eth0     Link encap:Ethernet  HWaddr 2A:65:96:18:57:FA
           inet addr:192.168.10.222  Bcast:192.168.10.255  Mask:255.255.255.0
           UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1600  Metric:1
           RX packets:19 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
           TX packets:20 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
           collisions:0 txqueuelen:1000
           RX bytes:1148 (1.1 KiB)  TX bytes:1524 (1.4 KiB)
           Interrupt:5

[Host:~]$ arp -a

  ? (192.168.10.111) at ee:b4:2a:8d:6c:00 [ether] on eth0

[Host: ~]$ ping 192.168.10.111

  PING 192.168.10.111 (192.168.10.111) 56(84) bytes of data.
  64 bytes from 192.168.10.111: icmp_seq=0 ttl=63 time=198 ms
  64 bytes from 192.168.10.111: icmp_seq=1 ttl=63 time=140 ms
  64 bytes from 192.168.10.111: icmp_seq=2 ttl=63 time=146 ms
  --- 192.168.10.111 ping statistics ---
  3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2008ms
  rtt min/avg/max/mdev = 140.196/161.959/198.912/26.267 ms, pipe 2
```

11.2 DHCP Client 配置

11.2.1 简介

DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol）Client 通过 DHCP 协议从 DHCP Server 动态获得 IP 地址和配置参数。若客户端和服务器都在一个子网内，则客户端和服务器之间可以直接进行 DHCP 协议的交互，否则需要有 DHCP Relay Agent 转发 DHCP 消息。

DHCP Client 通过 DHCP 广播报文向 DHCP Server 请求 IP 地址，在获得 IP 地址和相应的租期后，配置地址并设置租期的时间。在租期过半的时候开始发送 DHCP 报文请求继续使用当前的 IP 地址，并期望获得新的租期。在成功续租后，DHCP Client 更新租期的时间。

11.2.2 开启 DHCP Client 功能

11.2.2.1 配置接口启用 DHCP Client 功能

配置在接口上通过 DHCP 协议获取 IP 地址的功能。如果接口处于打开状态，则立即开始通过 DHCP 获得 IP 地址。

表 11-7 配置接口启用 DHCP Client 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ip address dhcp	配置接口启用 DHCP Client 功能	缺省情况下，接口未启用 DHCP Client 功能

11.2.2.2 配置管理口启用 DHCP Client 功能

配置在管理口上通过 DHCP 协议获取 IP 地址的功能。

表 11-8 配置管理口启用 DHCP Client 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
management ip address dhcp	配置管理口启用 DHCP Client 功能	缺省情况下，管理口未启用 DHCP Client 功能

11.2.3 配置 DHCP Client 属性

11.2.3.1 配置 DHCP Client 主机名

此命令需要在 **ip address dhcp** 之前执行，否则只有配置下一条 **ip address dhcp** 命令后才会生效。

表 11-9 配置 DHCP Client 主机名

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp client hostname *word*	配置 DHCP Client 的主机名	word: 主机名称 缺省情况下，使用系统主机名称

11.2.3.2 配置接口使用的 DHCP Client ID

该命令需要在 **ip address dhcp** 之前执行，否则只有配置下一条 **ip address dhcp** 命令后才会生效。

表 11-10 配置接口使用的 DHCP Client ID

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp client client-id { **ascii** *word* | **hex** *hex-string* | **vlan** *vlan-id* | **agg** *port-number* | *if-name* }	配置接口使用的 DHCP Client ID	word: ASCII 字符串 hex-string: 十六进制字符串 vlan-id: VLAN 接口号，取值范围为 1~4094 port-number: 聚合端口号，取值范围为 1~55 缺省采用格式“Switch-HWADDR-IFNAME”

11.2.3.3 配置 DHCP Class ID

DHCP Client 使用 Class ID 标记所需的配置参数类型。不同的厂商会定义自己的 Class ID，标记其特殊配置，DHCP Client 通过 Class ID 向 Server 请求这些与厂商相关的配置参数。此命令需要在 **ip address dhcp** 之前执行，否则只有配置下一条 **ip address dhcp** 命令后才会生效。

表 11-11 配置 DHCP Class ID

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp client class-id { *word* | **hex** *hex-string* }	配置 DHCP Class ID	word: ASCII 字符串 hex-string: 十六进制字符串

11.2.4 配置 DHCP Client 的期望租期

配置 DHCP Client 期望获得的租期，DHCP Server 可以接收该租期，也可以忽略 Client 的请求，分配自己设置的租期。此命令需要在 **ip address dhcp** 之前执行，否则只有配置下一条 **ip address dhcp** 命令后才会生效。

表 11-12 配置 DHCP Client 的期望租期

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp client lease [*days* | *hours* | *minutes*] * [**infinite**]	配置 DHCP Client 的期望租期	days: 租期时间，单位：天 hours: 租期时间，单位：小时 minutes: 租期时间，单位：分钟 如选定关键字 **infinite**，则表示租期时间为永久

11.2.5 配置 DHCP Client 请求的选项信息

此命令向 DHCP Server 请求指定的配置参数，可以分多次指定所需要的参数，也可以一次指定所有需要的参数。此命令需要在 **ip address dhcp** 之前执行，否则只有配置下一条 **ip address dhcp** 命令后才会生效。

表 11-13 DHCP 报文的选项信息说明

选项号	字段名	说明
3	router	默认路由器选项
33	static-route	静态路由选项
121	classless-static-route	无类静态路由选项
249	classless-static-route-ms	Microsoft 无类静态路由选项
150	tftp-server-address	TFTP 服务器 IP 地址选项
6	dns-nameserver	DNS 服务器选项
15	domain-name	域名选项
44	netbios-nameserver	NetBIOS 服务器选项
43	vendor-specific	厂商相关配置选项

选项 33、121、249 之间存在优先级关系：选项 121 优先于选项 33 和选项 249，选项 249 优先于选项 33。

表 11-14 配置 DHCP Client 请求的选项信息

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp client request [**router** | **static-route** | **classless-static-route** | **classless-static-route-ms** | **tftp-server-address** | **dns-nameserver** | **domain-name** | **netbios-nameserver** | **vendor-specific**]	配置 DHCP Client 请求的选项信息	router、static-route、classless-static-route、classless-static-route-ms、tftp-server-address 为默认请求

11.2.6 显示与维护

表 11-15 显示与维护

命令	操作	说明
show dhcp client [**management** | **vlan** *vlan-id* | **agg** *port-number* | *if-name*] [**verbose**]	显示 DHCP Client 的工作状态	vlan-id: VLAN 接口号，取值范围为 1~4094 port-number: 聚合端口号，取值范围为 1~55 if-name: 物理接口及名称
show dhcp client statistics	查看 DHCP Client 统计信	-

命令	操作	说明
	息	
clear dhcp client statistics	清除 DHCP Client 计数器	-

11.2.7 配置举例

11.2.7.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将接口配置为三层接口
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# no dhcp client request static-route	取消 static-route 选项请求
Switch(config-if)# ip address dhcp	启用 DHCP Client
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

11.2.7.2 命令验证

- 查看接口上的配置信息：

```
Switch# show running-config interface eth-0-1

Building configuration...
```

```
!
interface eth-0-1
 no switchport
 ip address dhcp
 no dhcp client request static-route
!
```

- 显示DHCP Client的工作状态：

```
Switch# show dhcp client verbose

DHCP client informations:

============================================================

eth-0-1 DHCP client information:
 Current state: BOUND
 Allocated IP: 4.4.4.199 255.255.255.0
 Lease/renewal/rebinding: 1187/517/1037 seconds
 Lease from 2011-11-18 05:59:59 to 2011-11-18 06:19:59
 Will Renewal in 0 days 0 hours 8 minutes 37 seconds
 DHCP server: 4.4.4.1
 Transaction ID: 0x68857f54
 Client ID: switch-7e39.3457.b700-eth-0-1
```

- 显示DHCP Client的统计信息：

```
Switch# show dhcp client statistics

DHCP client packet statistics:

============================================================
```

```
DHCP OFFERS    received: 1
DHCP ACKs      received: 2
DHCP NAKs      received: 0
DHCP Others    received: 0
DHCP DISCOVER     sent: 1
DHCP DECLINE      sent: 0
DHCP RELEASE      sent: 0
DHCP REQUEST      sent: 2
DHCP packet send failed: 0
```

11.3 DHCP Relay 配置

11.3.1 简介

DHCP 服务器和客户端都在一个子网内，则客户端和服务器之间可以直接进行 DHCP 协议的交互，这时不需要启动 DHCP Relay 功能。如果 DHCP 服务器和客户端不在一个子网内，则需要启动 DHCP Relay 功能将 DHCP 报文转发到外部的 DHCP 服务器。

DHCP Relay 转发同正常的 IP 路由转发不同，IP 路由转发的 IP 数据包在网络之间透明交换，而 DHCP Relay 代理接收 DHCP 消息同时产生一个新的 DHCP 消息发送到另一个接口。DHCP Relay 代理在报文中设置网关地址，添加中继代理信息（Option82），转发到 DHCP 服务器端。通过 DHCP Relay 代理，在收到服务器响应的消息时，会移除消息中 Option82 内容后，再转发给客户端。

11.3.2 开启 DHCP 功能

service dhcp 命令是 DHCP 相关命令的总开关，只有执行 **service dhcp** 命令使能 DHCP 服务，DHCP Snooping、DHCP Relay 等 DHCP 功能才会生效。

11.3.2.1 使能 DHCP 服务

表 11-16 使能 DHCP 服务

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service dhcp enable	使能 DHCP 功能	缺省情况下，未使能 DHCP 功能

11.3.2.2 开启 DHCP Relay 服务

在启用 DHCP Relay 服务前，需先使用 **service dhcp** 命令使能 DHCP 功能，DHCP Relay 功能在系统使能 DHCP 功能后才生效。

表 11-17 开启 DHCP Relay 服务

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service dhcp enable	使能 DHCP 功能	缺省情况下，未使能 DHCP 功能
dhcp relay	使能 DHCP Relay 服务	缺省情况下，未使能 DHCP 中继功能

11.3.3 创建 DHCP 服务器组

可以在全局配置模式和接口配置模式下创建 DHCP 服务器组。注意 DHCP Server 功能和 DHCP Snooping 功能不要在同一个 VLAN 上设置。

11.3.3.1 全局配置 DHCP 服务器组

表 11-18 全局配置 DHCP 服务器组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp-server *number server-list*	创建 DHCP 服务器组	number: DHCP 服务器组的序号，取值范围为 1~16 server-list: 加入服务器组中的 DHCP 服务器的 IP 地址列表。一个服务器组下 DHCP 服务器个数的范围为 1~16

11.3.3.2 接口配置 DHCP 服务器组

表 11-19 接口配置 DHCP 服务器组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp-server *number*	接口模式下配置 DHCP 服务器组	number: DHCP 服务器组的序号，取值范围为 1~16

11.3.4 配置接口启用 DHCP Relay Option 82 功能

如果接口开启 DHCP 中继 Option 82 功能，DHCP 服务器会对携带该选项信息的报文予以响应，收到的 DHCP DISCOVER 或者 DHCP REQUEST 报文会按照普通的 DHCP 中继操作被转发到 DHCP 服务器组所配置的地址。

表 11-20 配置接口启用 DHCP Relay Option 82 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp relay information trusted	配置接口为 DHCP 中继代理信息选项的信任源接口	缺省情况下，接口未启用 DHCP Relay Option 82 功能

11.3.5 显示与维护

表 11-21 显示与维护

命令	操作	说明
show dhcp-server	查看 DHCP 服务器组的配置信息	-
show dhcp relay interfaces	显示 DHCP 服务器组下的接口属性	-
show dhcp relay information config	显示 DHCP 中继信息（Option 82 选项）配置信息	-
show dhcp relay information trusted-sources	显示所有接口是否配置为 DHCP 中继信息选项的信任源信息	-

命令	操作	说明
show dhcp relay statistics	显示交换机中继的 DHCP 报文统计信息	-
clear dhcp relay statistics	清除交换机中继的 DHCP 报文统计信息	-

11.3.6 配置举例

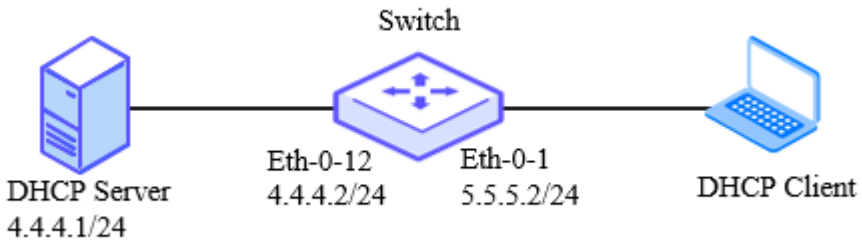
11.3.6.1 介绍

下图为测试 DHCP 中继代理功能的网络拓扑，需要两台 PC 机和一台交换机构建测试环境。

- 计算机 A 作为 DHCP 服务器
- 计算机 B 作为 DHCP 客户端
- 交换机作为 DHCP 中继代理

11.3.6.2 拓扑

图 11-3 DHCP Relay拓扑图



11.3.6.3 配置步骤

1. 配置接口 eth-0-12

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-12	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将接口设置三层接口
Switch(config-if)# ip address 4.4.4.2/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

2. 配置 DHCP 服务器组

命令举例	操作步骤
Switch(config)# dhcp-server 1 4.4.4.1	创建 DHCP 服务器组

3. 配置接口 eth-0-1

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将接口设置三层接口
Switch(config-if)# ip address 5.5.5.2/24	设置 IP 地址
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# dhcp relay information trusted	设置接口启用 DHCP 中继 Option 82 功能
Switch(config-if)# dhcp-server 1	设置 DHCP 服务器
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

4. 使能 DHCP 中继服务

命令举例	操作步骤
Switch(config)# service dhcp enable	使能 DHCP 服务器
Switch(config)# dhcp relay	使能 DHCP Relay 功能

11.3.6.4 命令验证

1. 检查接口配置

```
Switch# show running-config interface eth-0-12
!
interface eth-0-12
 no switchport
 ip address 4.4.4.2/24
!
Switch# show running-config interface eth-0-1
!
interface eth-0-1
 no switchport
 dhcp relay information trusted
 dhcp-server 1
 ip address 5.5.5.2/24
!
```

2. 检查 DHCP 服务器的状态

```
Switch# show services

    Networking services configuration:
```

```
Service Name       Status
============================================================
dhcp               enable
```

3. 检查 DHCP 服务器组的配置

```
Switch# show dhcp-server
DHCP server group information:
============================================================
group 1 ip address list:
[1] 4.4.4.1
```

4. 检查 DHCP 中继统计信息

```
Switch# show dhcp relay statistics
    DHCP relay packet statistics:
    ============================================================
    Client relayed packets:  20
    Server relayed packets:  20
    Client error packets:    20
    Server error packets:    0
    Bogus GIADDR drops:      0
    Bad circuit ID packets:  0
    Corrupted agent options:  0
    Missing agent options:   0
    Missing circuit IDs:     0
```

5. 检查计算机从 DHCP 服务器获取的 IP 地址

```
Ipconfig /all

Dhcp Enabled. . . . . . . . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
IP Address. . . . . . . . . . . . : 5.5.5.1
Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . . . . . : 5.5.5.2
DHCP Server . . . . . . . . . . . : 4.4.4.1
DNS Servers . . . . . . . . . . . : 4.4.4.1
```

11.4 DHCP Server 配置

11.4.1 简介

DHCP Server 通过 DHCP 协议为 Client 提供 IP 地址和网络配置参数。为了能够给客户端提供 DHCP 服务，DHCP Server 需要完成一些基本的配置，例如，地址池的分配、默认网关的设置、网络参数的设置等。在实际工作时，DHCP Server 会从设置的地址池内找到可用的地址分配给请求地址的 DHCP Client，同时，将 Client 请求的网络配置参数发送给 Client。这些分配的地址和参数都有一个有效期限（租约），Client 需要在到期之前向 Server 发出续约请求，保留自己的 IP 地址，同时更新租约。

在实际环境中，若 DHCP Server 和 DHCP Client 在同一子网内，则 DHCP Server 在直接相连后就可以正常工作。若它们不在同一网段内，则 DHCP Server 需要 DHCP Relay 协助转发 DHCP 消息，才能为 Client 提供 DHCP 服务。

DHCP Server 支持的主要 Option 包括：bootfile-name、dns-server、domain-name、gateway、netbios-name-server、netbios-node-type、tftp-server-address。同时，支持部分 Raw Option。

11.4.2 开启 DHCP 功能

service dhcp 命令是 DHCP 相关命令的总开关，只有执行 **service dhcp** 命令使能 DHCP 服务，DHCP Server、DHCP Snooping、DHCP Relay 等 DHCP 功能才会生效。

表 11-22 开启 DHCP 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service dhcp enable	使能 DHCP 功能	缺省情况下，未使能 DHCP 功能

11.4.3 使能 DHCP Server 功能

11.4.3.1 全局使能 DHCP Server 功能

在使能 DHCP Server 功能前，必需先使用 **service dhcp** 命令使能 DHCP 功能，DHCP Server 功能要在系统使能 DHCP 功能后才生效。注意 DHCP Server 功能和 DHCP Snooping 功能不要在同一个 VLAN 上设置。

表 11-23 全局使能 DHCP Server 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service dhcp enable	使能 DHCP 功能	缺省情况下，未使能 DHCP 功能
dhcp-server	全局使能 DHCP Server 功能	缺省情况下，未使能 DHCP Server 功能

11.4.3.2 接口启用 DHCP Server 功能

表 11-24 接口启用 DHCP Server 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcp server enable	接口上启用 DHCP Server 功能	缺省情况下，接口上的 DHCP Server 模式处于关闭状态

11.4.4 配置 DHCP Server 的地址池

创建 DHCP 服务器的地址池后，会进入 DHCP 地址池配置模式。在 DHCP 地址池配置模式下，可以配置地址池的参数，例如，可分配的子网地址段、默认网关等。

11.4.4.1 创建 DHCP 地址池

表 11-25 创建 DHCP 地址池

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_] 3) 名称必须以字母开头，字母或

命令	操作	说明
		数字结束

11.4.4.2 配置静态绑定

该命令会使当前 DHCP 地址池成为静态地址池。每个静态地址池中，只能配置一条静态绑定地址。如果配置多条静态绑定地址，会覆盖之前的配置。

表 11-26 配置静态绑定

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_]， 3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束
static-bind ip-address { *IP-ADDRESS wildcard-mask* | *ip-address/prefix-length* } { **mac-address** *MAC-ADDRESS* | **client-identifier** { **ascii** *ascii-string* | **hex** *hex-string* } }	配置静态绑定的地址	缺省情况下，未配置静态绑定的地址 IP-ADDRESS: IP 地址 wildcard-mask: 通配符掩码 prefix-length: 掩码长度 MAC-ADDRESS: DHCP Client 的

命令	操作	说明
		MAC 地址 ascii-string: ASCII 形式的 Client ID hex-string: Hex String 形式的 Client ID
lease *days* [*hours*] [*minutes*]	（可选）配置地址池中分配地址的租约时间	days: 天数，取值范围为 0~365 hours: 小时数，取值范围为 0~23 minutes: 分钟数，取值范围为 0~59

11.4.4.3 配置可分配的地址段

该命令配置地址池中可分配的地址段。所有的主机地址都是可分配的，可以使用命令 **dhcp excluded-address** 禁止分配其中的地址。不同地址池的地址段不能有重叠，并且不能再配置静态绑定。

表 11-27 配置可分配的地址段

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_]

命令	操作	说明
		3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束
network { *ip-address wildcard-mask* | *ip-address/prefix-length* }	配置地址池中可分配的地址段	缺省情况下，未配置地址池中可分配的地址段 ip-address: IP 地址 wildcard-mask: 通配符掩码 prefix-length: 掩码长度
dhcp excluded-address *low-ip-address* [*high-ip-address*]	配置地址池中不可分配的地址段	缺省情况下，未配置地址池中不可分配的地址段 low-ip-address：低位 IP 地址 high-ip-address：高位 IP 地址 低位地址不可高于高位地址 禁止分配地址段范围不可超过可分配地址段

11.4.4.4 配置默认网关地址

默认网关地址需要和地址池中的地址在同一子网内。最多可以设置 8 个默认网关地址。列表中地址按照先后顺序使用。

表 11-28 配置默认网关地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_]， 3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束
gateway *ip-address* & <1-8>	配置默认网关地址	ip-address & <1-8>: IP 地址，最多可设置 8 个

11.4.4.5 配置 DHCP 客户端使用的域名

DHCP 客户端只需要输入部分域名，系统会自动添加设置的域名前缀。

表 11-29 配置 DHCP 客户端使用的域名

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_]，

命令	操作	说明
		3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束
domain-name *name*	配置 DHCP 客户端使用的域名	缺省情况下，DHCP 地址池没有配置域名 name: DHCP 客户端使用的域名前缀，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 64) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_] 3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束

11.4.4.6 配置 DNS Server 的 IP 地址

表 11-30 配置 DNS Server 的 IP 地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_]

命令	操作	说明
		3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束
dns-server *ip-address*&<1-8>	配置 DNS 服务器的 IP 地址	缺省情况下，DHCP 地址池没有配置 DNS 服务器的 IP 地址 ip-address&<1-8>: DNS 服务器 IP 地址，最多可设置 8 个

11.4.4.7 配置 NetBIOS 节点类型

配置地址池中 NetBIOS 节点类型参数，可选的节点类型有：b-node（广播）、p-node（点到点）、m-node（mixed, 混合）、h-node（hybrid, 混合），推荐使用 h-node 模式。

表 11-31 配置 NetBIOS 节点类型

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_] 3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束

命令	操作	说明
netbios-node-type { **b-node** | **p-node** | **m-node** | **h-node** }	配置 NetBIOS 节点类型	缺省情况下，未配置 NetBIOS 节点类型

11.4.4.8 配置 TFTP 服务器地址及启动文件名

通过配置地址池中的 TFTP 服务器地址和启动文件名称，DHCP 客户端可以从 TFTP 服务器请求启动文件，完成自动配置。

表 11-32 配置 TFTP 服务器地址及启动文件名

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp pool *pool-name*	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式	pool-name: DHCP 地址池名称，需满足以下条件： 1) 名称长度范围 [1, 32) 2) 名称合法的字符 [0-9a-zA-Z.-_] 3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束
tftp-server-address *ip-address*&<1-8>	配置 TFTP 服务器地址	缺省情况下，未配置 TFTP 服务器地址 ip-address&<1-8>: TFTP 服务器 IP 地址，最多可设置 8 个

命令	操作	说明
bootfile-name *name*	配置 DHCP 客户端需要的启动镜像文件名	name: 启动文件的文件名，需满足以下条件： 1) 名称长度范围[1, 64) 2) 名称合法的字符[0-9a-zA-Z.-_] 3) 名称必须以字母开头，字母或数字结束

11.4.5 配置 IP 地址冲突检测

为防止 IP 地址发生冲突，DHCP Server 在分配地址之前会 ping 所要分配的地址。用户可以指定 ping 发出的包的个数，如果这些包都没有回应，则将地址分配给 DHCP Client，否则不回应。还能指定等待的时间，如果在指定时间内没有回应，则认为该地址没有被使用。

表 11-33 配置 IP 地址冲突检测

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcp ping packets *number*	（可选）配置 DHCP Server 发送 ICMP 消息的个数	number: DHCP Server 发送 ICMP 消息的个数，取值范围为 0~10 缺省情况下，DHCP Server 发送 ICMP 消息的个数为 1
dhcp ping timeout *time*	（可选）配置 DHCP Server 等待 ICMP 响应报文的时	time: DHCP Server 等待 ICMP 响应报文的时间，单位：秒

命令	操作	说明
	间	缺省情况下，超时等待时间为 1 秒

11.4.6 显示与维护

表 11-34 显示与维护

命令	操作	说明
show dhcp server conflict { **ip** *ip-address* | **all** }	显示发现并记录的冲突地址	ip-address: IP 地址 DHCP 服务器在分配地址之前，会检测地址是否已使用，并将冲突的地址记录下来
show dhcp server binding { **ip** *ip-address* | **pool** *pool-name* | **all** }	显示 DHCP 服务器中绑定的地址信息	ip-address: IP 地址 pool-name: 地址池名称 绑定地址的信息包括 IP 地址、MAC 地址、租约时间、地址类型
show dhcp server statistics	显示 DHCP 服务器统计信息	-
show dhcp server config	显示 DHCP 服务器配置信息	-
clear dhcp server conflict { **ip** *ip-address* | **all** }	清除记录的冲突地址	ip-address: IP 地址 pool-name: 地址池名称

命令	操作	说明
clear dhcp server binding { **ip** *ip-address* | **pool** *pool-name* | **all** }	清除 DHCP 服务器数据库中动态绑定的地址	
clear dhcp server statistics	清除 DHCP 服务器统计信息	-

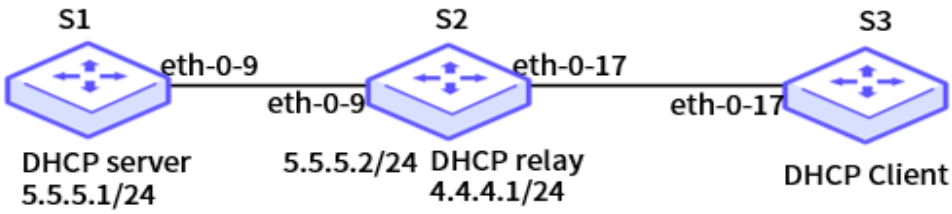
11.4.7 配置举例

11.4.7.1 拓扑

图 11-4 DHCP Server基本拓扑图



图 11-5 DHCP Relay参与的拓扑图



11.4.7.2 配置步骤

1. 如上图11-4，分别对S1和S2进行配置

DHCP Server (S1):

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#service dhcp enable	全局启用 DHCP 服务
Switch(config)#dhcp server	全局启用 DHCP Server
Switch(config)#dhcp pool pool5	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式
Switch(dhcp-config)#network 5.5.5.0/24	配置地址池中可分配的地址段
Switch(dhcp-config)#gateway 5.5.5.1	配置 Option：默认网关
Switch(dhcp-config)#exit	退出 DHCP 地址池配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch (config-if)#no switchport	将接口设置三层接口
Switch (config-if)# no shutdown	使能接口
Switch (config-if)# ip address 5.5.5.1/24	配置 IP 地址
Switch (config-if)# dhcp server enable	启用 DHCP Server
Switch (config-if)#exit	退出接口配置模式

DHCP Client (S2):

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch (config-if)#no switchport	将接口设置三层接口

命令举例	操作步骤
Switch (config-if)# no shutdown	使能接口
Switch (config-if)# ip address dhcp	启用 DHCP Client
Switch (config-if)#exit	退出接口配置模式

2. 如上图11-5，分别对S1、S2和S3进行配置

DHCP Server (S1):

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#service dhcp enable	全局启用 DHCP 服务
Switch(config)#dhcp server	全局启用 DHCP Server
Switch(config)#dhcp pool pool4	创建 DHCP 地址池，并进入 DHCP 地址池配置模式
Switch(dhcp-config)#network 4.4.4.0/24	配置地址池中可分配的地址段
Switch(dhcp-config)#gateway 4.4.4.1	配置 Option：默认网关
Switch(dhcp-config)#exit	退出 DHCP 地址池配置模式
Switch(config)#ip route 4.4.4.0/24 5.5.5.2	添加路由
Switch(config)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch (config-if)#no switchport	将接口设置三层接口
Switch (config-if)# no shutdown	使能接口
Switch (config-if)# ip address 5.5.5.1/24	配置 IP 地址

命令举例	操作步骤
Switch (config-if)# dhcp server enable	启用 DHCP Server
Switch (config-if)#exit	退出接口配置模式

DHCP Relay (S2):

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#service dhcp enable	全局启用 DHCP 服务
Switch(config)#dhcp relay	全局启用 DHCP Relay
Switch(config)#dhcp-server 1 5.5.5.1	添加 DHCP Server 组
Switch(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch (config-if)#no switchport	将接口设置成三层口
Switch (config-if)# no shutdown	使能接口
Switch (config-if)# ip address 4.4.4.1/24	配置 IP 地址
Switch (config-if)# dhcp-server 1	选择 DHCP Server 组
Switch (config-if)#interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch (config-if)#no switchport	将接口设置成三层接口
Switch (config-if)# no shutdown	使能接口
Switch (config-if)# ip address 5.5.5.2/24	配置 IP 地址
Switch (config-if)#exit	退出接口配置模式

DHCP Client (S3):

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch (config-if)#no switchport	将接口设置三层接口
Switch (config-if)# no shutdown	使能接口
Switch (config-if)# ip address dhcp	启用 DHCP Client
Switch (config-if)#exit	退出接口配置模式

11.4.7.3 命令验证

1. 显示图11-4中的配置结果：

- 查看DHCP Server的详细配置信息：

```
Switch# show running-config
    !
    service dhcp enable
    !
    interface eth-0-9
     no switchport
     dhcp server enable
     ip address 5.5.5.1/24!
    !
    dhcp server
    dhcp pool pool5
     network 5.5.5.0/24
     gateway 5.5.5.1
```

- 查看DHCP Client的详细配置信息：

```
Switch# show dhcp client verbose

    DHCP client informations:

    ============================================================

    eth-0-9 DHCP client information:

     Current state: BOUND

     Allocated IP: 5.5.5.2 255.255.255.0

     Lease/renewal/rebinding: 1194/546/1044 seconds

     Lease from 2012-02-04 07:40:12 to 2012-02-04 08:00:12

     Will Renewal in 0 days 0 hours 9 minutes 6 seconds

     DHCP server: 5.5.5.1

     Transaction ID: 0x45b0b27b

     Default router: 5.5.5.1

     Classless static route:

      Destination: 5.5.4.0, mask: 255.255.255.0, Nexthop: 5.5.5.1

     TFTP server addresses: 5.5.5.3

    Client ID: switch-6e6e.361f.8400-eth-0-9
```

- 查看DHCP Server的统计信息：

```
Switch# show dhcp server statistics

    DHCP server packet statistics:

    ============================================================

    Message Received:

    BOOTREQUEST:  0

    DHCPDISCOVER:  1
```

```
DHCPREQUEST: 1
DHCPDECLINE: 0
DHCPRELEASE: 0
DHCPINFORM: 0
Message Sent:
BOOTREPLY: 0
DHCPOFFER: 1
DHCPACK: 1
DHCPNAK: 0
```

- 查看DHCP Server地址分配及接口信息：

```
Switch# show dhcp server binding all

  IP address     Client-ID/          Lease expiration          Type
                 Hardware address
  5.5.5.2        6e:6e:36:1f:84:00   Sat 2012.02.04 08:00:12   Dynamic

Switch# show dhcp server interfaces

  List of DHCP server enabled interface(s):
  DHCP server service status: enabled
  Interface Name
  ============================================================
  eth-0-9
```

2. 显示图11-5中的配置结果：

- 查看DHCP Relay的验证信息：

```
Switch# show running-config
```

```
!
service dhcp enable
!
interface eth-0-9
 no switchport
 dhcp server enable
 ip address 5.5.5.1/24!
!
ip route 4.4.4.0/24 5.5.5.2
!
dhcp server
dhcp pool pool4
 network 4.4.4.0/24
 gateway 4.4.4.1
```

- 查看DHCP Client的详细配置信息：

```
Switch# show dhcp client verbose

    DHCP client informations:
    ============================================================
    eth-0-17 DHCP client information:
     Current state: BOUND
     Allocated IP: 4.4.4.5 255.255.255.0
     Lease/renewal/rebinding: 1199/517/1049 seconds
     Lease from 2012-02-06 05:23:09 to 2012-02-06 05:43:09
     Will Renewal in 0 days 0 hours 8 minutes 37 seconds
     DHCP server: 5.5.5.1
```

```
Transaction ID: 0x192a4f7d
Default router: 4.4.4.1
Classless static route:
 Destination: 5.5.4.0, mask: 255.255.255.0, Nexthop: 4.4.4.1
TFTP server addresses: 5.5.5.3
Client ID: switch-3c9a.b29a.ba00-eth-0-17
```

- 查看DHCP Server的统计信息：

```
Switch# show dhcp server statistics

  DHCP server packet statistics:
  ============================================================
  Message Received:
  BOOTREQUEST:  0
  DHCPDISCOVER:  1
  DHCPREQUEST:  1
  DHCPDECLINE:  0
  DHCPRELEASE:  0
  DHCPINFORM:  0
  Message Sent:
  BOOTREPLY:  0
  DHCPOFFER:  1
  DHCPACK:  1
  DHCPNAK:  0
```

- 查看DHCP Server地址分配及接口信息：

```
Switch# show dhcp server binding all
```

```
    IP address     Client-ID/          Lease expiration          Type
                   Hardware address
    4.4.4.5        3c:9a:b2:9a:ba:00   Mon 2012.02.06 05:43:09   Dynamic

Switch# show dhcp server interfaces

    List of DHCP server enabled interface(s):
    DHCP server service status: enabled
    Interface Name
    ============================================================
    eth-0-9
```

11.5 DNS 配置

11.5.1 简介

DNS 是域名系统(Domain Name System)的缩写，通过这个分布式数据库，用户可以将主机名称映射到 IP 地址，将域名映射到 IP 地址的过程称为域名解析。由于一个主机可能存在多个 IP 地址，为了方便记忆，在交换机上配置 DNS 时，可以使用与 IP 相关的命令，如 **ping**、**telnet** 以及 Telnet 支持的其他相关操作，通过主机名替代 IP 地址的方式可以提高可读性。配置域名时，需要使用点(.)分隔。

如果要解析域名，必须要定义一个域名服务器，该服务器保存了将域名解析为 IP 地址的域名缓存或数据库。为了能够将域名解析为 IP 地址，用户必须指定本网络中有效的服务器，然后再启用 DNS。

11.5.2 配置 DNS

11.5.2.1 配置域名解析

如需对域名进行解析，需要配置域名服务器。下表的命令最多能添加三个域名解析服务器。如果指定源接口或者源 IP 地址，将会使用对应的 IP 地作为发出报文的源 IP 地址。如果当前域名缓存中不存在此对应关系，系统会自动创建。

表 11-35 配置域名解析

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dns domain *domain-name*	在域名系统(DNS)下设置一个缺省域名	缺省情况下，未配置缺省域名 domain-name: 域名
dns server *ip-address* [**source-interface** *if-name* | **source-ip** *source-ip-address*]	在域名系统(DNS)的域名服务器列表中新增一个域名服务器	缺省情况下，域名服务器列表中不存在域名服务器 ip-address: 域名服务器的 IP 地址 if-name: 源接口名称 source-ip-address: 源 IP 地址
ip host *hostname ip-address*	在域名系统(DNS)中设置主机名及其对应的 IP 地址	缺省情况下，域名缓存中无静态配置的主机名及其对应的 IP 地址 hostname: 主机名

命令	操作	说明
		ip-address: 与主机名对应的 IP 地址

11.5.3 显示与维护

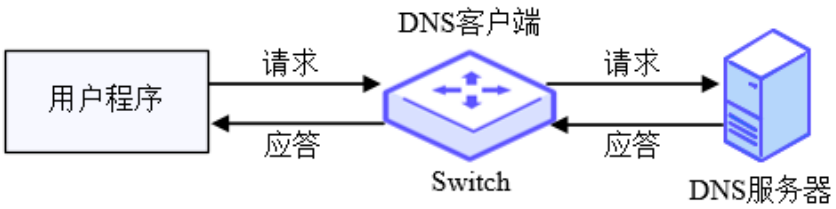
表 11-36 显示与维护

命令	操作	说明
show dns { domain | server }	显示域名系统(DNS)的配置信息	-
show ip host	显示指定 IP 主机的配置信息	-

11.5.4 配置举例

11.5.4.1 拓扑

图 11-6 DNS典型拓扑图



11.5.4.2 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)#dns domain server1	定义一个默认域名系统的的名称，该程序将主机域名（非点分十进制的字符串）映射到 IP 地址
Switch(config)#dns server 202.100.10.20	配置域名系统(DNS)中的域名服务器的 IPv4 地址，域名系统用来解决内部的域名查询
Switch(config)# ip host www.example1.com 192.0.2.141	设置静态域名解析表中主机名及其对应的主机 IPv4 地址

11.5.4.3 命令验证

显示域名系统(DNS)的配置信息：

```
Switch# show dns server

Current DNS name server configuration:

   Server          IP Address

------------------------------------------------------------

     1   nameserver        202.100.10.20
```

12 流量管理配置指导

12.1 QoS 配置

12.1.1 简介

QoS（Quality of Service，服务质量）是各种存在服务供需关系的场合中普遍存在的概念，它评估服务方满足客户服务需求的能力。评估通常不是精确的评分，而是注重分析在何种条件下服务的质量比较高，以及可能存在不足的情况，以便有针对性地改进。在因特网中，QoS所评估的就是网络投递分组的服务能力。由于网络提供的服务是多样的，因此可以基于不同层面对 QoS 进行评估。通常所说的 QoS，是对分组投递过程中为延迟、延迟抖动、丢包率等核心需求提供支持的服务能力的评估。QoS 是网络的一种安全机制，是用来解决网络延迟和阻塞等问题的一种技术。在正常情况下，如果网络只用于特定的无时间限制的应用系统，并不需要 QoS，比如 Web 应用，或 E-mail 设置等。但是对关键应用和多媒体应用就十分必要。当网络过载或拥塞时，QoS 能确保重要业务量不受延迟或丢弃，同时保证网络的高效运行。

12.1.2 术语解释

以下是用来形容 QoS 的术语和概念的简要描述：

1. **访问控制列表**（ACLs）：具有相同特征的流量进行分类。IP ACL用来分类IP流量，MAC ACL用来分类除了IPv6和MPLS以外的所有流量。

2. **服务种类**（CoS）：在网络的第二层中确定报文优先级的字段。QOS可以通过设置不同的COS值来区分不同优先级的流量。802.1Q二层报文中可以携带2字节的VLAN标签，最高的3个比特用于用户指定的优先级。其它类型的报文不能携带VLAN标签。CoS有3个比特，

取值范围为0~7。

3. **差分服务代码点**（DSCP）：有6个比特位，用来区分三层网络中的报文的优先级。DSCP值范围是0~63。

4. **IP-Precedence**：有3个比特位，用来区分三层网络中报文的优先级。IP-Precedence的取值范围为0~7。

5. **EXP**：有3个比特位，用来区分MPLS网络中的报文的优先级。MPLS EXP的取值范围为0~7。

6. **流分类**（Traffic Classification）：指采用一定的规则识别出符合某类特征的报文。分类规则（Classification Rule）是用户根据管理需求配置的过滤规则。报文进入系统时，流分类处理引擎会为报文分配一个内部优先级，基于这个优先级，系统对报文进行一系列的处理。系统可以基于报文中的CoS、inner-CoS、DSCP、IP-Precedence，或者端口上配置的默认CoS，或者依据policy-map配置映射出的内部优先级。

7. **流量整形**（Shaping）：是通过缓存报文来改变并调节入方向的流速率，从而使出方向的流速率表现得更加平滑的一种方法。当入方向的流量出现高突发时，就需要将报文缓存后发送，从而使出方向的流更加平滑，因此Shaping可能会增加报文的抖动。

   流量整形可以应用在以下角色：

   - 物理接口（Port Shaping）
   - 出方向的队列（Queue Shaping）

   当 Queue 应用双速率的 Shaping 时，需要保证该接口下所有 Queue 的 CIR 之和不大于端口速率，并且不大于接口 Shaping 的速率。

8. **流量监管**（Policing）：会对流量进行测速，从而决定报文是保证速率内还是保证速率外，保证速率外的流量可能会被丢弃。

   系统支持两种类型的策略器（Policer）：

- 配置在 class-map 中，用于对匹配某个 class-map 的流量限制带宽。
- 配置一个聚合 Policer，用户可以将匹配 class-map 的流量加入这个 Policer 中。聚合 Policer 限制的是其中所有流量的带宽。

9. **标记**（Marking）：定义了对超出保证速率的流量的处理行为。系统采用两种行为中的一种：给报文标记颜色，后面会继续处理；直接丢弃报文。标记能够在进口和出口方向使用。
10. **队列**（Queueing）：Basic和Enterprise模式下每个出端口有8个队列，范围为0~7，优先级最高是7，最低是0。Enterprise Advance模式下每个出端口有12个队列，范围为0~11，其中0~7是单播流量队列，8~11是组播流量队列，单播流量队列中优先级最高是7，最低是0。组播流量队列中优先级最高的是11，最低是8。每个Queue中支持3个丢弃优先级。队列长度的单位是缓冲单元（Buffer Cell）。Buffer Cell是报文的存储粒度单位，其大小为256字节，报文越大，占用的缓冲单元越多。
11. **队尾丢弃算法**（Tail Drop）：是一种简单的丢弃算法，即队列中报文达到一定阈值（可配置）时，后来的报文会被丢弃。默认情况下，端口上的丢弃算法就是Tail Drop。系统支持在端口上为每个Queue丢弃的优先级制定一个Tail Drop的阈值。
12. **加权随机先期检测**（WRED：Weighted Random Early Detection）：可以提前以一定概率丢弃报文，达到避免拥塞的目的，通过提前丢弃报文，WRED模式可以避免短时间内丢弃大量报文，导致大量TCP连接同时触发慢启动和拥塞退避，网络带宽利用率瞬间降低的现象。系统支持在端口上为每个Queue丢弃的优先级制定两个阈值。这两个阈值前者小于后者。当队列中报文达到前者时报文开始丢弃，队列中报文越多，丢弃概率越大。当队列中报文大于后一阈值时，报文全部丢弃。
13. **调度**（Scheduling）：系统为每个队列分配一个优先级（Class），范围是0~7，数字越高表示优先级越高。Basic模式下端口上的8个队列的优先级是可配置的。

一个端口上，不同的优先级之间使用的 SP 调度，即高优先级队列先被调度，当高优先级队列为空时才会调度低优先级队列。相同的优先级内的队列采用 WDRR 调度。用户可以为各个队列设置权重。

说明

启用 QoS 时，Basic 模式下队列 0 到 7 对应的优先级为：0/1/2/3/4/5/6/7；Enterprise 模式下队列 0 到 7 对应的优先级为：3/3/4/4/4/4/5/7；Enterprise Advance 模式下队列 0 到 11 对应的优先级为：3/3/4/4/4/4/5/7/0/1/2/3。禁用 QoS 时，所有队列的优先级均为 0。

启用 QoS 时，Basic 模式下队列 0 到 7 对应的 WDRR 权重为：1::1:1:1:1:1:1:1；Enterprise 模式下队列 0 到 7 对应的 WDRR 权重为：1:1:4:10:10:10:1:1；Enterprise Advance 模式下队列 0 到 11 对应的 WDRR 权重为：1:1:4:10:10:10:1:1:1:1:1:1。

14. **类映射**（Class Map）：通过指定一些ACL定义一组流。这些ACL可以是match-all或match-any，分别表示流量要同时匹配所有的ACL或匹配任意的ACL。

15. **策略映射**（Policy Map）：用来指定不同种类流量的具体行为，可实现如下需求：

    - 将流按照指定的优先级和颜色区分出来
    - 为相应的优先级和颜色设置指定的信任策略
    - 为满足某个信任策略的流按照预先的配置进行流量监管
    - 为指定的流做重定向
    - 为指定的流做镜像
    - 为指定的流做统计

Policy Map 有如下属性：

- 一个 Policy Map 可以包含多个流分类定义，并给出单独的行为
- 每一个流分类定义可以匹配接口上的每一种流量
- 每一个端口的方向只能应用一个 Policy Map。相同的 Policy Map 可以在不同端口的不同方向上应用。
- Policy Map 必须附加到一个端口上才能生效。
- 一个 Policy Map 可以应用于物理接口（非聚合端口成员），聚合端口以及 VLAN 接口。

16. **映射表**（Mapping Table）：在QoS处理中，交换机将所有流量都映射到内部优先级处理。
    - 在流分类时，QoS 使用可配置的映射表进行报文映射，内部优先级共 6 个比特，是从 CoS、EXP、DSCP、IP-Precedence 的值映射而来，这些映射表包含了 CoS-Priority-Color/COS-PHB 表、EXP-Priority-Color/EXP-PHB 表、DSCP-Priority-Color/DSCP-PHB 表和 IP-Precedence-Priority-Color/IP-PREC-PHB。
    - 在流量监管时，QoS 给报文分配一个新的优先级和颜色，比如依据 Class-Map。
    - 当流量结束调度阶段后，如果替换 CoS 或者 DSCP 被搁置，那么 QoS 使用 Priority-Color-Cos/PHB-COS 或者 Priority-Color-DSCP/PHB-DSCP 根据内部的优先级和颜色重新映射到 CoS 或者 DSCP
    - 每一个 QoS 域的上述行为不一致

17. **时间范围**（Time Range）：通过使用Time-Range，Class-Map的行为可以按照每周的特定时间来启用或者禁用。首先，定义Time-Range的名称并设置其在一周内的时间，然后将其应用到ACE。可以使用Time-Range来制定Class-Map中独立的一条ACE在每周的制定时间生效。

18. **RTCM**: 单速率三色标记（Single Rate Three Color Marker）

19. **TRTCM:** 双速率三色标记（Two Rate Three Color Marker）

20. **CIR:** 提交信息速率（Committed Information Rate）

21. **CBS:** 提交组量大小（Committed Burst Size）

22. **EBS:** 超量组量大小（Excess Burst Size）

23. **PIR:** 峰值信息速率（Peak Information Rate）

12.1.3 配置 Class Map

该类型的 class-map 使用不同流类型区别流，对不同类型的数据流进行分组。创建 Class Map 后，在 Class Map 配置模式下，使用特定的 QoS 流类型值作为匹配条件。

表 12-1 创建 Class Map

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
class-map type traffic-class *name*	创建或配置一个 Class Map，并进入该目录的配置模式	name: 类映射名。最大支持 40 个字节，只能由字母、数字、连字符、下划线组成
match traffic-class *class-id*	配置流优先级	class-id: 指定的流类型值，取值范围为 1~6

12.1.4 创建 Policy Map

创建的 Policy Map 使用多个不同的流分类区别流，可以与 Class Map 匹配，依据流类型将流以不同属性加以划分，如优先级、带宽等。与 Class Map 不同，Policy Map 是对已经分类的数据流设定规则的映射。

表 12-2 创建 Policy Map

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
policy-map type traffic-class *name*	创建 Policy Map，并进入 Policy Map 配置模式	if-name: 接口名称
class type traffic-class *name*	引入存在的类映射，并进入该目录的配置模式	name: Class Map 类型的目录名。最大支持 40 个字节，只能由字母、数字、连字符、下划线组成

12.1.5 配置基于接口的应用策略

12.1.5.1 应用 QoS 策略

用于将队列和优先流控制参数应用于接口上。

表 12-3 应用 QoS 策略

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
service-policy type traffic-class *name*	应用 QoS 策略	name: Policy Map 名称

12.1.5.2 配置策略表应用至接口

创建 Class Map 后，在指定接口上对输入和输出的流量应用策略表。

表 12-4 配置策略表应用至接口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
class-map type qos *name*	定义一个 Class Map 并用于 QoS policy	name: Class Map 名
quit	退出至全局配置模式	-
policy-map type qos *name*	创建策略表，并进入策略表配置模式	name: Policy Map 名称
class type qos *name*	创建流分类的 Class Map 并进入其配置模式	name: 流分类目录名
policer { **color-blind** | **color-aware** } **cir** *CIR-RATE* [**cbs** *CBS-SIZE*] [**eir** *EIR-RATE*] [**ebs** *EBS-SIZE*] { **exceed** | **violate** } **drop** [**statistics**]	配置该接口的保证速率	CIR-RATE: 承诺信息速率，取值范围为 0~100000000 kbps CBS-SIZE: 承诺突发尺寸，取值范围为 0~640000 bytes EIR-RATE: 额外信息速率，取值范围为 0~100000000 kbps

命令	操作	说明
		EBS-SIZE: 超额突发尺寸，取值范围为 0~640000 bytes
quit	退出两次至全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
service-policy type qos input *name*	将策略表应用至接口	name: Policy Map 名称

12.1.6 配置聚合策略

用来应用一个或多个策略表中的多个流分类策略的聚合策略。

表 12-5 配置策略表应用至接口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
class-map type qos *name*	定义一个 Class Map 并用于 QoS policy	name: Class Map 名
quit	退出至全局配置模式	-
policy-map type qos *name*	创建策略表，并进入策略表配置模式	name: Policy Map 名称

命令	操作	说明
class type qos *name*	创建流分类的 Class Map 并进入其配置模式	name: 流分类目录名
aggregate-policer *name*	配置聚合策略	name: 聚合策略实例名

12.1.7 显示与维护

表 12-6 显示与维护

命令	操作	说明
show qos aggregator-policer *name* [**statistics**]	显示聚合策略信息	name: 聚合策略名
show qos interface *name* **egress**	显示接口上流分类的配置信息	name: 接口名
show qos interface *name* **statistics policer flow**	显示基于类型区分的流策略状态和流统计信息	
show qos interface *name* **statistics policer port** { **input** | **output** }	显示端口策略统计信息	
show qos interface *name* **statistics queue**	显示接口上的流分类统计信息	

12.1.8 配置举例

12.1.8.1 配置出口队列

i. 配置Tail Drop

1. 介绍

尾丢弃是默认的每个出口队列拥塞避免技术。在没有超过队列长度的时候，报文会在队列中缓存。

2. 配置步骤

根据不同的丢弃优先级配置尾丢弃阈值：

- 进入全局配置模式；
- 创建 class-map 类流优先级，并配置优先级；
- 创建 policy-map 类流优先级，并关联之前定义的 class-map；
- 在 policy-map 优先级模式下，设置该优先级的尾丢弃上限值；
- **interface** *if-name* 进入匹配相应策略表的接口，其中 *if-name* 是该接口的名称。

下面是对流优先级为 3 的尾丢弃上限的配置实例，例子中的尾丢弃上限为 2000。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# class-map type traffic-class tc3	创建 class-map 并进入其配置模式
Switch(config-cmap-tc)# match traffic-class 3	设置流优先级为 3

命令举例	操作步骤
Switch(config-cmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# policy-map type traffic-class tc	创建 policy-map 并进入其配置模式
Switch(config-pmap-tc)# class type traffic-class tc3	关联 class-map
Switch(config-pmap-tc-c)# queue-limit 2000	配置丢包上限为 2000
Switch(config-pmap-tc-c)# exit	退出该配置模式
Switch(config-pmap-tc)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy type traffic-class tc	应用 QoS policy
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

3. 命令验证

显示接口上流分类的配置信息：

```
Switch# show qos interface eth-0-1 egress

    TC  Priority  Bandwidth  Shaping(kbps)  Drop-Mode     Max-Queue-Limit(Cell)

    0  0     -     -        dynamic    level 0          -
    1  0     -     -        dynamic    level 0          -
    2  0     -     -        dynamic    level 0          -
```

```
3 0    -    -    tail-drop  2000          2000
4 0    -    -    dynamic    level 0        -
5 0    -    -    dynamic    level 0        -
6 0    -    -    dynamic    level 0        -
7 7    -    -    tail-drop  64            -
```

ii. 配置WRED

1. 介绍

WRED 通过选择性地丢弃部分报文，降低接口拥塞时发生尾丢弃的概率。通过早期选择性地丢弃部分报文而不是在队列缓冲区满时才开始丢弃，WRED 可以避免出现 TCP 同步丢包的问题，从而提高网络的吞吐量。

2. 配置步骤

针对不同颜色的报文配置相应的 WRED 阈值：

- 进入全局配置模式；
- 创建 class-map 类流优先级，并配置优先级；
- 创建 policy-map 类流优先级，并关联之前定义的 class-map；
- 在 policy-map 优先级模式下配置对应流优先级的 WRED 丢包上限；
- **interface** *if-name* 进入匹配相应策略表的接口，其中 *if-name* 是该接口的名称

下面的例子所示的是对流优先级为 1 设定其 WRED 丢包上限。其最大丢包上限为 596，最小丢包上限为 596/8=71。如果缓冲区中的报文超过最小丢包上限，后续收到的报文将随机丢弃。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# class-map type traffic-class tc1	创建 class-map 并进入其配置模式
Switch(config-cmap-tc)# match traffic-class 1	设置流优先级为 1
Switch(config-cmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# policy-map type traffic-class tc	创建 policy-map 并进入其配置模式
Switch(config-pmap-tc)# class type traffic-class tc1	关联 class-map
Switch(config-pmap-tc-c)# random-detect maximum-threshold 596	配置丢包上限 596
Switch(config-pmap-tc-c)# exit	退出该配置模式
Switch(config-pmap-tc)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入端口配置模式
Switch(config-if)# service-policy type traffic-class tc	应用 QoS policy
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

3. 命令验证

显示接口上流分类的配置信息：

```
Switch# show qos interface eth-0-1 egress

    TC  Priority  Bandwidth  Shaping(kbps)  Drop-Mode     Max-Queue-Limit(Cell)


    0   0     -     -       dynamic    level 0          -
    1   0     -     -       random-drop 596             Disable
    2   0     -     -       dynamic    level 0          -
    3   0     -     -       tail-drop  2000             2000
    4   0     -     -       dynamic    level 0          -
    5   0     -     -       dynamic    level 0          -
    6   0     -     -       dynamic    level 0          -
    7   7     -     -       tail-drop  64               -
```

iii. 配置调度

1. 介绍

在不同的 Class 之间，报文是按照 SP（严格优先级）调度的；在同一个 Class 之间，报文是按照 WDRR 调度的。

2. 配置步骤

下面的例子显示了将队列映射到不同的 Class 中间并且配置 WDRR 调度的权重。

- 进入全局配置模式；
- 创建 class-map 类流优先级，并配置优先级；
- 创建 policy-map 类流优先级，并关联之前定义的 class-map；
- 在 policy-map 优先级模式下配置对应流优先级的调度优先级；
- 在 policy-map 优先级模式下配置对应流优先级的带宽；

- **interface** *if-name* 进入匹配相应策略表的接口，其中 *if-name* 是该接口的名称。

下面例子显示了出队列调度参数的配置。编号为 5 和 6 的流的优先级是最高的值 6，编号为 2 的流的优先级是 2，带宽为 link 带宽的 20%。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# class-map type traffic-class tc5	创建 class-map 并进入其配置模式
Switch(config-cmap-tc)# match traffic-class 5	设置流优先级为 5
Switch(config-cmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# class-map type traffic-class tc6	创建 class-map 并进入其配置模式
Switch(config-cmap-tc)# match traffic-class 6	设置流优先级为 6
Switch(config-cmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# class-map type traffic-class tc2	创建 class-map 并进入其配置模式
Switch(config-cmap-tc)# match traffic-class 2	设置流优先级为 2
Switch(config-cmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# policy-map type traffic-class tc	创建 policy-map 并进入其配置模式
Switch(config-pmap-tc)# class type traffic-class tc5	关联 class-map tc5

命令举例	操作步骤
Switch(config-pmap-tc-c)# priority level 6	设置优先级为 6
Switch(config-pmap-tc-c)# exit	退出到 policy-map 模式
Switch(config-pmap-tc)# class type traffic-class tc6	关联 class-map tc6
Switch(config-pmap-tc-c)# priority level 6	设置优先级为 6
Switch(config-pmap-tc-c)# exit	退出到 policy-map 模式
Switch(config-pmap-tc)# class type traffic-class tc2	关联 class-map tc2
Switch(config-pmap-tc-c)# bandwidth percentage 20	配置带宽为 link 带宽的 20%
Switch(config-pmap-tc-c)# exit	退出至 policy-map 模式
Switch(config-pmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入端口配置模式
Switch(config-if)# service-policy type traffic-class tc	应用 QoS policy
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

3. 命令验证

显示接口上流分类的配置信息：

```
Switch# show qos interface eth-0-1 egress
```

```
TC Priority Bandwidth Shaping(kbps) Drop-Mode    Max-Queue-Limit(Cell)

0 0    -    -       dynamic    level 0          -
1 0    -    -       random-drop 596             Disable
2 0    20     -       dynamic    level 0          -
3 0    -    -       tail-drop  2000             2000
4 0    -    -       dynamic    level 0          -
5 6    -    -       dynamic    level 0          -
6 6    -    -       dynamic    level 0          -
7 7    -    -       tail-drop  64               -
```

12.1.8.2 配置 Shaping

i. 配置端口流量整形

1. 介绍

经过交换机物理接口的所有流量都可以被整形，超过整形速率的流量会被缓存，但是如果缓存耗尽，则后续的报文会被丢弃直到缓存被释放。

2. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# qos shape rate 1000000	配置端口流量速率超过 1000Mbps 时，将被丢弃

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

3. 命令验证

查看上述步骤后的配置信息：

```
Switch# show running-config interface eth-0-1
  Building configuration...
  !
  interface eth-0-1
   service-policy type traffic-class tc
   qos policer input color-blind cir 48000 cbs 10000 ebs 20000 violate drop
   qos shape rate 1000000
  !
```

ii. 配置出方向队列整形

1. 介绍

流量在经过交换机出方向的队列的时候可以被整形，超过整形速率的流量会被缓存，但是如果缓存耗尽，则后续的报文会被丢弃直到缓存被释放。

2. 配置步骤

在出方向队列上配置流量整形：

- 进入全局配置模式；
- 创建 class-map 类流优先级，并配置优先级；
- 创建 policy-map 类流优先级，并关联之前定义的 class-map；

- 在 policy-map 优先级模式下配置对应流优先级的流量整形；
- **interface** *if-name* 进入匹配相应策略表的接口，其中 *if-name* 是该接口的名称

示例显示对队列 3 进行队列整形的配置。当队列 3 中流速率超过 1000Mbps，将丢弃报文。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# class-map type traffic-class tc3	创建 class-map 并进入其配置模式
Switch(config-cmap-tc)# match traffic-class 3	配置流优先级为 3
Switch(config-cmap-tc)# exit	退出该配置模式
Switch(config)# policy-map type traffic-class tc	创建 policy-map 并进入其配置模式
Switch(config-pmap-tc)# class type traffic-class tc3	关联 class-map
Switch(config-pmap-tc-c)# shape rate 1000000	按 1000Mbps 速率进行队列整形
Switch(config-pmap-tc-c)# exit	退出至 policy-map 模式
Switch(config-pmap-tc)# exit	退出至配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入端口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# service-policy type traffic-class tc	应用 QoS policies
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

3. 命令验证

显示接口上流分类的配置信息：

```
Switch# show qos interface eth-0-1 egress

    TC Priority Bandwidth Shaping(kbps) Drop-Mode    Max-Queue-Limit(Cell)


    0 0     -     -         dynamic    level 0          -
    1 0     -     -         random-drop 596             Disable
    2 0     20     -          dynamic    level 0          -
    3 0     -     1000000     tail-drop   2000            2000
    4 0     -     -         dynamic    level 0          -
    5 6     -     -         dynamic    level 0          -
    6 6     -     -         dynamic    level 0          -
    7 7     -     -         tail-drop   64              -
```

12.1.8.3 配置 QoS 流量策略

在部署 QoS 流量策略时需要执行如下几个步骤。

- 识别并区分流量到不同的类别；
- 对不同的流量类别配置策略；
- 在接口上应用策略。



说明

接口下一个方向只允许配置一个策略映射表。

i. 使用ACL实现流量分类

1. 介绍

IP 流量使用 IP ACL 作流量分类。

2. 配置步骤

创建 IP ACL 来区分不同的流量并将其分类：

- **configure terminal**
- **ip access-list** *access-list-name* 创建 ACL，其中 *access-list-name* 为 ACL 名。
- 根据需要创建一到多条 ACE，详细方法请参见“ACL 用户配置指导”。

示例显示允许三类 IP 地址的主机访问，网络地址主机部分对应为通配符。如果一台主机的 IP 地址不在 list 的匹配范围，则该主机将被拒绝访问。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list ip-acl	进入 IP ACL 配置模式
Switch(config-ip-acl)# permit any 128.88.12.0 0.0.0.255 any	配置允许源 IP 地址 128.88.12.x 的流量
Switch(config-ip-acl)# permit any 28.88.0.0 0.0.255.255 any	配置允许源 IP 地址 28.88.x.x 的流量

命令举例	操作步骤
Switch(config-ip-acl)# permit any 11.0.0.0 0.255.255.255 any	配置允许源 IP 地址 11.xx.x.x 的流量
Switch(config-ip-acl)# end	退出到特权模式
Switch# show access-list ip ip-acl	显示 ACL 配置状态

3. 命令验证

显示 ACL 配置状态:

```
Switch# show access-list ip ip-acl

    ip access-list ip-acl
      10 permit any 128.88.12.0 0.0.0.255 any
      20 permit any 28.88.0.0 0.0.255.255 any
      30 permit any 11.0.0.0 0.255.255.255 any
```

ii. 创建分类映射表

1. 配置步骤

将指定接口的 IP 流量按照分类表作流量分类，期间涉及到创建分类映射表以及匹配准则:

- 进入全局配置模式;
- **ip access-list** *access-list-name* 创建 ACL，其中 *access-list-name* 为 ACL 名。
- 根据需要创建一至多条 ACE。详细方法请参见“ACL 用户配置指导”。
- **class-map** { **match-any** | **match-all** } *name* 用来创建分类映射表。match-any 表示映射表中的分类按照逻辑或的关系进行匹配，即分类映射表中至少匹配一条即可分

类。match-all 表示映射表中的分类按照逻辑与的关系进行匹配，即分类映射表中必须所有都匹配才可分类。*name* 表示分类映射表的名称。缺省情况下，按照 match-any 的方式进行流量分类。

- **match access-group** *name* 用来定义分类标准，*name* 表示需要关联的 ACL 表名

示例显示使用 **ip access list** 创建一个名为 cmap1 的分类映射表，允许任意源主机到目的主机的流量传输。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list ip-acl	进入 IP ACL 配置模式.
Switch(config-ip-acl)# permit any any any	允许所有报文通过
Switch(config-ip-acl)# quit	退出到全局配置模式
Switch(config)# class-map cmap1	创建 cmap1 并进入分类映射表配置模式
Switch (config-cmap)# match access-group ip-acl	将 ip-acl 加入到 cmap1 中
Switch (config-cmap)# quit	退出到特权模式
Switch# show class-map cmap1	显示分类表配置

2. 命令验证

显示分类表配置信息：

```
Switch# show class-map cmap1

        CLASS-MAP-NAME: cmap1 (match-any)
```

match access-group: ip-acl

iii. 创建策略表

1. 配置步骤

创建策略表用于对流量进行分类、标记和限流。下表创建了一个策略表，并应用到一个端口的进口流量。配置的 IP ACL 允许来自 10.1.00 地址的流量，如果这些流量的平均速率超过 48000-kbps，将被丢弃。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list ip-acl	进入 IP ACL 配置模式.
Switch(config-ip-acl)# permit any 10.1.0.0 0.0.255.255 any	配置允许源 IP 地址 10.1.x.x 的流量
Switch(config-ip-acl)# quit	退出到全局配置模式
Switch(config)# class-map type qos cmap1	创建 cmap1 并进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group ip-acl	将 ip-acl 加入到 cmap1 中
Switch(config-cmap)# quit	退出到全局配置模式
Switch(config)# policy-map type qos pmap1	配置策略表 pmap1 并进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class type qos cmap1	将流分类映射表 cmap1 加入策略表 pmap1

命令举例	操作步骤
Switch(config-pmap-c)# policer color-blind cir 48000 cbs 10000 ebs 16000 violate drop	配置该接口的保证速率为 48000kbps
Switch(config-pmap-c)# quit	退出到策略表配置模式
Switch(config-pmap)# quit	退出到全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# service-policy type qos input pmap1	将策略表 pmap1 应用到接口
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

2. 命令验证

显示策略表配置：

```
Switch# show policy-map pmap1

    POLICY-MAP-NAME: pmap1 ( type qos)
     State: attached
     CLASS-MAP-NAME: cmap1
      match access-group: ip-acl
       policer color-blind cir 48000 cbs 10000 ebs 16000 violate drop
```

iv. 创建聚合策略

1. 配置步骤

创建聚合策略表用于对流量进行分类，标记和限流。下表显示创建了一条聚合策略，并运用于策略表中的多个表项。示例中，IP ACLs 允许来自网络地址 10.1.0.0 和主机地址为 11.3.1.1 的流量，且配置了其平均速率。当流量平均速率超过 48000-kbps 且流量大小超过 8000-byte，该流量将被丢弃。该策略表运用于端口的进流量。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ip access-list ip-acl1	进入 IP ACL 配置模式.
Switch(config-ip-acl)# permit any 10.1.0.0 0.0.255.255 any	配置允许源 IP 地址 10.1.x.x 的流量
Switch(config-ip-acl)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# ip access-list ip-acl2	进入 IP ACL 配置模式.
Switch(config-ip-acl)# permit any host 11.3.1.1 any	配置允许源 IP 地址 11.3.1.1 的流量
Switch(config-ip-acl)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# qos aggregate-policer transmit1 color-blind cir 48000 cbs 8000 ebs 10000 violate drop	配置聚合策略的保证速率为 48000kbps
Switch(config)# class-map type qos cmap1	创建 cmap1 并进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group ip-acl1	将 ip-acl1 加入到 cmap1 中

命令举例	操作步骤
Switch(config-cmap)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# class-map type qos cmap2	创建 cmap2 并进入分类映射表配置模式
Switch(config-cmap)# match access-group ip-acl2	将 ip-acl2 加入到 cmap2 中
Switch(config-cmap)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# policy-map type qos aggflow1	配置策略表 aggflow1 并进入策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class type qos cmap1	将流分类映射表 cmap1 加入策略表 aggflow1
Switch(config-pmap-c)# aggregate-policer transmit1	将 cmap1 设置为聚合策略 transmit1
Switch(config-pmap-c)# exit	退出到策略表配置模式
Switch(config-pmap)# class type qos cmap2	将流分类映射表 cmap2 加入策略表 pmap1
Switch(config-pmap-c)# aggregate-policer transmit1	将 cmap2 设置为聚合策略 transmit1
Switch(config-pmap-c)# exit	退出到策略表配置模式
Switch(config-pmap)# exit	退出到全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# service-policy type qos input aggflow1	将聚合策略 aggflow1 应用到接口
Switch(config-if)# exit	退出端口配置模式
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

2. 命令验证

显示聚合策略配置状态：

```
Switch# show qos aggregate-policer

    Aggreate policer: transmit1
      color blind
      CIR 48000 kbps, CBS 8000 bytes, EBS 10000 bytes

   drop violate packets
```

12.2 FEC 配置

12.2.1 简介

为降低信号传输中传输距离的影响，FEC（Forward Error Correction，前向纠错）由此出现，它是一种误码纠错技术。FEC 适用于高速率通信，由于光信号在传输时可能会发生变化，FEC 功能在发送端为数据报文提供纠错信息，并在接收端利用这些信息定位和纠正传输中的误码。通过这样的方式，可以提高信号的质量。但是，在纠正误码时可能存在一定的延时。因此，不是所有的光模块都需要开启此功能，用户需要根据实际情况来启用或者关闭 FEC 功能。

12.2.2 配置 FEC

12.2.2.1 使能/关闭 FEC 功能

一般情况下，100G 端口仅支持 RS-FEC 功能，25G 端口可支持 RS-FEC 和 FC-FEC，其他速率类型端口不支持 FEC 设置。

1. 使能FEC功能

表 12-7 使能 FC-FEC 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
fec fc-fec	使能 FC-FEC 功能	缺省情况下，25G 端口默认使能 FC-FEC

表 12-8 使能 RS-FEC 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
fec rs-fec	使能 RS-FEC 功能	缺省情况下，100G 端口默认使能 RS-FEC

2. 关闭FEC功能

表 12-9 关闭 FEC 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
fec off	关闭 FEC 功能	缺省情况下，100G 端口默认使能 RS-FEC，25G 端口默认使能 FC-FEC

12.2.2.2 去使能端口的 FEC 的功能

表 12-10 去使能端口的 FEC 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no fec	关闭端口的 FEC 功能	-

13 IPv6 安全配置指导

13.1 DHCPv6 Snooping 配置

13.1.1 简介

DHCPv6 Snooping 是一种安全功能，只有本地链路的报文和完全匹配 IP 地址、MAC 地址、端口的 IPv6 报文才能够进行转发，不符合条件的报文则会被丢弃。DHCPv6 Snooping 功能允许配置某个端口为信任或不信任的端口。信任端口收到报文时会正常接收以及转发，不信任端口接收到报文后会进行丢弃。如不受信任的 DHCPv6 客户端和信任的 DHCPv6 服务器之间的防火墙行为，DHCPv6 Snooping 功能执行如下：

- 验证 DHCPv6 消息接收来自不信任的源和过滤掉无效消息。
- 建立和维护 DHCPv6 Snooping 绑定数据库，其中包含 DHCPv6 客户端租用的 IPv6 地址信息。
- DHCPv6 Snooping 功能在软件中实现，所有 DHCPv6 消息在芯片中被拦截直接发往 CPU 进行处理。

13.1.2 配置 DHCPv6 Snooping 基本功能

13.1.2.1 全局启用 DHCPv6 Snooping

必须使用 **service dhcpv6 enable** 在全局使能 DHCPv6 Snooping，才可以使 DHCPv6 Snooping 的配置生效。

表 13-1 全局启用 DHCPv6 Snooping

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcpv6 snooping	全局使能 DHCPv6 Snooping	缺省情况下，DHCPv6 Snooping 处于关闭状态

13.1.2.2 配置 DHCPv6 Snooping 信任端口

配置连接 DHCPv6 服务器或其他交换机或路由器的接口为信任接口。配置连接 DHCPv6 客户端的接口为不信任接口。

表 13-2 配置 DHCPv6 Snooping 信任端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcpv6 snooping trust	配置接口为 DHCPv6 Snooping 信任接口	缺省情况下，接口为 DHCPv6 Snooping 不信任接口

13.1.2.3 配置在 VLAN 上使能 DHCPv6 Snooping 特性

可以输入 VLAN 序号指定单独一个 VLAN ID，或者输入几个 VLAN 序号使用逗号间隔，也可以输入一个 VLAN 范围（使用连字符 “-” 间隔），或使用空格间隔输入 VLAN 开始 ID 和 VLAN 结束 ID。在 VLAN 上使能 DHCPv6 Snooping 前，必须先全局使能 DHCPv6 Snooping。

表 13-3 配置在 VLAN 上使能 DHCPv6 Snooping 特性

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
dhcpv6 snooping vlan *vlan-id*	配置在 VLAN 上使能 DHCPv6 Snooping 特性	vlan-id: VLAN ID 取值范围为 1~4094



说明

注意不要在同一个 VLAN 上设置 DHCPv6 Snooping 功能和 DHCPv6 Server 功能。

13.1.3 显示与维护

表 13-4 显示与维护

命令	操作	说明
show dhcpv6 snooping binding { **all** | **manual** | **learning** } [**ipv6** *ipv6-address* | **mac** *mac-address* | **vlan** *vlan-id* | **interface** *if-name*] **show dhcpv6 snooping binding summary**	显示设备 DHCPv6 Snooping 绑定数据库和所有接口的配置信息	ipv6-address: 指定 IPv6 地址 mac-address: 指定 MAC 地址 vlan-id: 指定 VLAN ID，取值范围为 1~4094 if-name: 指定添加或删除绑定条目的接口

命令	操作	说明
show dhcpv6 snooping config	显示 DHCPv6 Snooping 的配置信息	-
show dhcpv6 snooping trusted-sources	显示 DHCPv6 Snooping 的信任端口	-
show dhcpv6 snooping statistics	显示 DHCPv6 Snooping 统计信息	-
clear dhcpv6 snooping statistics	清除 DHCPv6 Snooping 统计信息	

13.1.4 配置举例

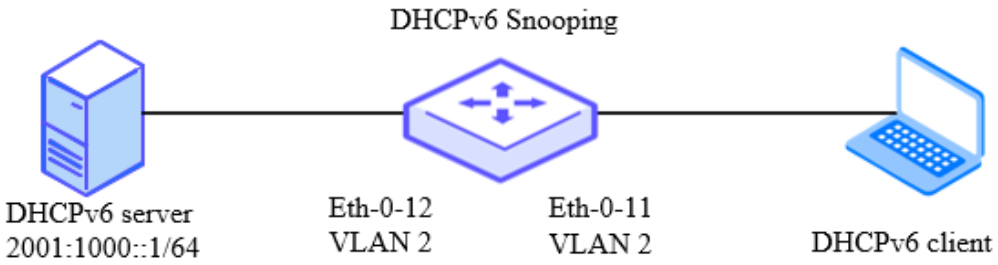
13.1.4.1 介绍

下图为测试 DHCPv6 Snooping 功能的网络拓扑，需要两台 PC 机和一台交换机构建测试环境，具体分配可参照如下描述：

- 计算机 A 作为 DHCPv6 服务器
- 计算机 B 作为 DHCPv6 客户端
- 交换机作为 DHCPv6 Snooping

13.1.4.2 拓扑

图 13-1 DHCPv6 Snooping拓扑图



13.1.4.3 配置步骤

1. 配置VLAN

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# vlan database	配置 VLAN 数据库
Switch(config-vlan)# vlan 2	创建 VLAN 2
Switch(config-vlan)# exit	退出至全局配置模式

2. 配置接口eth-0-12

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-12	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport	设置为交换接口
Switch(config-if)# switchport access vlan 2	添加接口到 VLAN 2

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# dhcpv6 snooping trust	配置接口为信任状态
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出至全局配置模式

3. 配置接口eth-0-11

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-11	进入接口配置模式
Switch(config-if)# switchport	设置为交换接口
Switch(config-if)# switchport access vlan 2	添加接口到 VLAN 2
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出至全局配置模式

4. 使能DHCPv6 Snooping全局特性

命令举例	操作步骤
Switch(config)# service dhcpv6 enable	使能 DHCPv6 服务
Switch(config)# dhcpv6 snooping	使能 DHCPv6 Snooping 特性
Switch(config)# dhcpv6 snooping vlan 2	在 VLAN 2 上使能 DHCPv6 Snooping 特性

13.1.4.4 命令验证

1. 根据如下步骤，检查接口配置是否正确：

```
Switch# show running-config interface eth-0-12
    !
    interface eth-0-12
    switchport access vlan 2
    dhcpv6 snooping trust
    !
Switch# show running-config interface eth-0-11
    !
    interface eth-0-11
     switchport access vlan 2
    !
```

2. 检查DHCPv6的服务状态：

```
Switch# show services
    Networking services configuration:
    Service Name       Status
    ============================================================
    dhcp             disable
    dhcpv6             enable
```

3. 打印DHCPv6 Snooping配置，检查当前配置：

```
Switch# show dhcpv6 snooping config

    dhcpv6 snooping service: enabled
    dhcpv6 snooping switch: enabled
    dhcpv6 snooping vlan 2
```

4. 检查DHCPv6 Snooping的统计信息：

```
Switch# show dhcpv6 snooping statistics

    DHCPv6 snooping statistics:
    ============================================================
    DHCPv6 packets                21
    Packets forwarded             21
    Packets invalid               0
    Packets dropped               0
```

5. 检查DHCPv6 Snooping的绑定信息：

```
Switch# show dhcpv6 snooping binding all

    DHCPv6 snooping binding table:
    VLAN MAC Address    Lease(s)    Interface   IPv6 Address
    ============================================================

2   0016.76a1.7ed9 978      eth-0-11    2001:1000::2
```

14 IPv6 路由配置指导

14.1 IPv6 单播路由配置

14.1.1 简介

静态路由一般由用户或管理员手工配置，使数据包通过预设的路径到达指定的目的地址。静态路由主要应用于小型网络中，当设备或者路由数量有限时，只需考虑使用静态路由就可以满足工作需求。合理设置和使用静态路由可以改进网络性能，并可为重要的网络应用保证带宽。静态路由也存在一定的局限性，当网络发生故障或者拓扑发生变化后，可能会出现路由不可达，从而导致网络中断。此时必须由网络管理员手工修改静态路由的配置。

IPv6 静态路由与 IPv4 静态路由类似，适用于小型的 IPv6 网络，通过配置 IPv6 静态路由实现网络互连。

14.1.2 配置静态路由

14.1.2.1 使能 IPv6 路由功能

当未使能 IPv6 路由功能时，IPv6 报文会被当做普通二层报文处理。

表 14-1 使能 IPv6 路由功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 enable	全局使能 IPv6 功能	缺省情况下，IPv6 功能处于

命令	操作	说明
		关闭状态

14.1.2.2 配置接口的 IPv6 地址

当接口上没有任何 IPv6 地址的时候，使用 **auto** 关键字可自动生成链路本地地址。当接口上没有任何全球单播地址时，使用该命令的 **no** 格式、配合 **auto** 关键字，可删除自动生成的链路本地地址；如果配置全球单播地址时，接口上不存在链路本地地址，那么会自动生成一个链路本地地址。如果之后用户又手动指定链路本地地址，当用户指定的优先级高于自动生成的优先级时，将会覆盖原有的链路本地地址。

全局单播地址结构（2000::/3 最大 3FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF）

前三位固定 001 即以 2 或 3 开头

表 14-2 配置接口的 IPv6 地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	设置接口为三层接口	-
no shutdown	打开接口	-
ipv6 address *global-prefix* [**eui-64** | **anycast**] **ipv6 address** *link-local* **link-local**	配置接口上的 IPv6 地址	缺省情况下，接口上未配置 IPv6 地址； global-prefix: 全球单播地址，格式为 X:X::X:X/M format

命令	操作	说明
ipv6 address auto link-local		link-local: 链路本地地址，格式为 X:X::X:X 每个接口最多可配 1 个链路本地地址，8 个全球单播地址

14.1.2.3 创建 IPv6 静态路由

启用 IPv6 功能并在接口上配置 IPv6 地址后，就可以创建 IPv6 静态路由。

表 14-3 创建 IPv6 静态路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 route *dest-prefix* { *nexthop* | *if-tunnel* } [*admin-distance*] **ipv6 route** *dest-prefix nexthop if-name* [*admin-distance*]	创建 IPv6 静态路由	缺省情况下，未配置静态路由 dest-prefix: 目的地址前缀，格式为 X:X::X:X/M nexthop: 下一跳 IPv6 地址，格式为 X:X::X:X if-tunnel: IPv6 路由出口的隧道接口名称 if-name: IPv6 路由出接口名称 admin-distance: 管理距离，取值范围为 1~255，默认值为 1

14.1.2.4 配置 IPv6 静态路由条目数的最大值

用户可配置的 IPv6 静态路由条目数的最大值，受限于当前的 TCAM Profile 和已经存在的静态路由条目数。

表 14-4 配置 IPv6 静态路由条目数的最大值

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
max-static-v6routes *count*	配置 IPv6 静态路由条目数的最大值	count: IPv6 静态路由条目数的取值范围为 1～65535; 根据不同的 TCAM Profile，默认值可能有所不同

14.1.3 显示与维护

将路由加入路由表后，用户可以使用 **show ipv6 route** 或者 **show ipv6 route static** 命令显示任何有效的动态和静态路由。

表 14-5 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 route [**database**] **show ipv6 route** [**database**] [**bgp** | **connected** | **ospf** | **rip** | **static**] **show ipv6 route** *ipv6-address*	显示 IPv6 路由表状态	ipv6-address: IPv6 地址，格式为 X:X::X:X ipv6-prefix: IPv6 前缀，格式为 X:X::X:X/M

命令	操作	说明
show ipv6 route *ipv6-prefix* **show ipv6 route** **show ipv6 route summary**		
show ipv6 interface [*if-name*] [**brief**]	显示接口的 IPv6 状态与配置	if-name: 接口名称

14.1.4 配置举例

14.1.4.1 介绍

本例介绍了在一个简单的网络拓扑结构下如何使能静态路由。静态路由在小型网络中非常有用。静态路由可提供使多个目的地可达的简单解决方案。大型网络使用动态路由协议。静态路由是由网络前缀（主机地址）和下一跳（网关）组成。

14.1.4.2 拓扑

图 14-1 IPv6静态路由拓扑图



14.1.4.3 配置步骤

1. Switch1的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch1# configure terminal	进入全局配置模式
Switch1 (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch1 (config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch1 (config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch1 (config-if)# no shutdown	打开接口
Switch1 (config-if)# ipv6 address auto link-local	配置自动生成链路本地地址
Switch1 (config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64	配置全球单播地址
Switch1 (config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch1 (config)# ipv6 route 2001:2::/64 2001:1::2	配置 IPv6 静态路由
Switch1 (config)# end	退出全局配置模式

2. Switch2的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch2# configure terminal	进入全局配置模式
Switch2 (config)# ipv6 enable	使能 IPv6

命令举例	操作步骤
Switch2 (config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch2 (config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch2 (config-if)# no shutdown	打开接口
Switch2 (config-if)# ipv6 address auto link-local	配置自动生成链路本地地址
Switch2 (config-if)# ipv6 address 2001:1::2/64	配置全球单播地址
Switch2 (config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2 (config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch2 (config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch2 (config-if)# no shutdown	打开接口
Switch2 (config-if)# ipv6 address auto link-local	配置自动生成链路本地地址
Switch2 (config-if)# ipv6 address 2001:2::2/64	配置全球单播地址
Switch2 (config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch2 (config)# end	退出全局配置模式

3. Switch3的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch3# configure terminal	进入全局配置模式
Switch3 (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch3 (config)# interface eth-0-17	进入接口模式
Switch3 (config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch3 (config-if)# no shutdown	打开接口
Switch3 (config-if)# ipv6 address auto link-local	配置自动生成链路本地地址
Switch3 (config-if)# ipv6 address 2001:2::3/64	配置全球单播地址
Switch3 (config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch3 (config)# ipv6 route 2001:1::/64 2001:2::2	配置 IPv6 静态路由
Switch3 (config)# end	退出全局配置模式

14.1.4.4 命令验证

1. 根据上述Switch1的配置步骤，显示当前的IPv6路由表状态：

```
Switch1# show ipv6 route

  IPv6 Routing Table
  Codes: C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
       [*] - [AD/Metric]
  Timers: Uptime
```

```
C    2001:1::/64
     via ::, eth-0-9, 02:08:50
C    2001:1::1/128
     via ::1, eth-0-9, 02:08:50
S    2001:2::/64 [1/0]
     via 2001:1::2, eth-0-9, 02:05:36
C    fe80::/10
     via ::, Null0, 02:09:11
```

2. 根据上述Switch2的配置步骤，显示当前的IPv6路由表状态：

```
Switch2# show ipv6 route

IPv6 Routing Table
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
     [*] - [AD/Metric]
Timers: Uptime
C    2001:1::/64
     via ::, eth-0-9, 00:03:37
C    2001:1::2/128
     via ::1, eth-0-9, 00:03:37
C    2001:2::/64
     via ::, eth-0-17, 00:03:21
C    2001:2::2/128
     via ::1, eth-0-17, 00:03:21
C    fe80::/10
     via ::, Null0, 00:03:44
```

3. 根据上述Switch3的配置步骤，显示当前的IPv6路由表状态：

```
Switch3# show ipv6 route

  IPv6 Routing Table
  Codes: C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
      [*] - [AD/Metric]
  Timers: Uptime
  S     2001:1::/64 [1/0]
      via 2001:2::2, eth-0-17, 00:02:14
  C     2001:2::/64
      via ::, eth-0-17, 00:03:28
  C     2001:2::3/128
      via ::1, eth-0-17, 00:03:28
  C     fe80::/10
      via ::, Null0, 00:03:53
```

4. 在Switch1上验证Switch3的网络可达性：

```
Switch1# ping ipv6 2001:2::3

  PING 2001:2::3(2001:2::3) 56 data bytes
  64 bytes from 2001:2::3: icmp_seq=0 ttl=63 time=127 ms
  64 bytes from 2001:2::3: icmp_seq=1 ttl=63 time=132 ms
  64 bytes from 2001:2::3: icmp_seq=2 ttl=63 time=124 ms
  64 bytes from 2001:2::3: icmp_seq=3 ttl=63 time=137 ms
  64 bytes from 2001:2::3: icmp_seq=4 ttl=63 time=141 ms
  --- 2001:2::3 ping statistics ---
  5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4010ms
  rtt min/avg/max/mdev = 124.950/132.719/141.251/5.923 ms, pipe 2
```

14.2 RIPng 配置

14.2.1 简介

RIPng（Routing Information Protocol Next Generation），又称为下一代 RIP 协议，是一种较为简单的内部网关协议（Interior Gateway Protocol，IGP），主要用于规模较小的网络，在 IPv6 网络中提供路由功能。RIPng 模块遵循的标准为 RFC 2080 – RIPng for IPv6。

RIPng 是一种基于距离矢量（Distance Vector）算法的协议，它通过 UDP 报文进行路由信息的交换。RIPng 使用跳数（Hop Count）来衡量到达目的地址的距离，称为路由权（Routing Cost）。在 RIPng 中，路由器到与它直接相连网络的跳数为 0，通过一个路由器可达的网络的跳数为 1，其余依此类推。为限制收敛时间，RIP 规定 COST 的取值为 0～15 之间的整数，COST 取值大于或等于 16 的跳数被定义为无穷大，即目的网络或主机不可达。

为提高性能，防止产生路由环，RIPng 支持水平分割（Split Horizon）。RIPng 还可引入其它路由协议所得到的路由。

为了在 IPv6 网络中应用，RIPng 对原有的 RIP 协议进行了修改：

- UDP 端口号：使用 UDP 的 521 端口发送和接收路由信息。
- 组播地址：使用 FF02::9 作为链路本地范围内的 RIPng 路由器组播地址
- 下一跳地址：使用 128 比特的 IPv6 地址
- 源地址：使用链路本地地址 FE80::/10 作为源地址发送 RIPng 路由信息更新报文。

14.2.2 配置 RIPng 的基本功能

14.2.2.1 开启 RIPng 功能

表 14-6 开启 RIPng 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能，并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态

14.2.2.2 配置接口使能 RIPng 功能

表 14-7 配置接口使能 RIPng 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	设置接口为三层接口	-
ipv6 router rip	配置接口使能 RIPng 功能	缺省情况下，接口上的 RIPng 功能处于关闭状态

14.2.3 配置 RIPng 特性

14.2.3.1 配置接口附加度量值

当收到一条合法的 RIPng 路由，在其加入到路由表之前，接口接收度量值会附加到该路由上，再加入路由表中，因此路由表中的度量值发生变化。也就是说，增加一个接口的接收度量值，该接口收到的 RIPng 路由度量值也会相应增加。

表 14-8 配置接口附加度量值

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 rip metric-offset *number-value*	配置接口接收 RIPng 路由时的附加度量值	number-value: 取值范围是 1～16，默认附加度量值是 1

14.2.3.2 配置接口偏移度量值

如果偏移度量值生效，那么接口接收附加度量值的增加被忽略。偏移量列表可以用来改变路由的度量值，以达到某些目的（如备份链路或者负载均衡）。

表 14-9 配置接口偏移度量值

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	设置接口为三层接口	-
offset-list *access-list-name* { **in** | **out** } *metric-offset* [*if-name*]	配置接口接收或发送 RIPng 路由时的偏移度量值	access-list-name: 访问控制列表名 metric-offset: 应用到路由的偏移度量值 if-name: 接口名称

14.2.3.3 配置 RIPng 路由聚合

在接口上配置路由聚合时，如果一条路由的前缀和前缀长度与定义的 IPv6 前缀匹配，则这个自定义的 IPv6 前缀将取代原来的路由被发布出去。那么多条路由将由一条路由所代替，并且这条路由的度量值是原多条路由中最低的。

通过指定 **avoid-feedback** 关键字，本接口将不再学习到与已发布的聚合 IP 地址相同的聚合路由，从而可以起到防止产生路由环路的作用。该命令只有在接口为三层口时才生效。

表 14-10 配置 RIPng 路由聚合

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能，并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态
aggregate-address *ipv6-address* [**avoid-feedback**] *if-name*	配置 RIPng 在接口发布聚合 IPv6 地址	ipv6-address: 指定的聚合地址 if-name: 接口名称

14.2.3.4 配置 RIPng 发布缺省路由

生成的 RIPng 缺省路由将强制通过指定接口的路由更新报文发布出去。

表 14-11 配置 RIPng 发布缺省路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能,并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态

命令	操作	说明
default-information originate [**route-map** *name*]	配置 RIPng 发布缺省路由	name: 路由策略名称 缺省情况下，RIPng 不发布缺省路由

14.2.3.5 配置 RIPng 过滤接收/发布的路由

表 14-12 配置 RIPng 过滤接收/发布的缺省路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能，并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态
distribute-list { **prefix** *name* | *access-list-name* } { **in** | **out** } [*if-name*]	配置 RIPng 对接收或者发送的路由进行过滤	name: 过滤列表名 access-list-name: 访问控制列表名 if-name: 接口名称 缺省情况下，RIPng 不对接收或发布的路由进行过滤

14.2.3.6 配置 RIPng 管理距离

管理距离表明了对一个路由源的信任度，它是从 0 到 255 之间的一个整数。一般情况下，值越高，信任等级越低。如果管理距离为 255，说明设备不信任这个路由源，忽略来自该路由源的路由。

表 14-13 配置 RIPng 管理距离

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能，并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态
distance *DISTANCE*	配置 RIPng 的管理距离	DISTANCE：管理值范围为 1~255，管理距离为 255 的路由无效；默认值为 120

14.2.3.7 配置路由重发布

通常情况下，RIPng 引入外部路由的命令需要和缺省度量值一起配置，这可以使再发布引入的路由的度量值保持一致。

表 14-14 配置路由重发布

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能，并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态
default-metric *value*	配置引入路由的缺省度量值	value:取值范围为 1～16，默认度量值是 1
redistribute *protocol* { [**metric** *value*] | **route-map** *word* }	配置 RIPng 引入外部路由	protocol: 可引入的源路由协议，包括 OSPF、BGP、static、connected value: 发布路由的度量值

命令	操作	说明
		word: 路由策略名

14.2.4 优化 RIPng 网络性能

可以通过配置 RIPng 定时器、配置水平分割或者毒性逆转的方式，调整和优化 RIPng 网络。

14.2.4.1 配置 RIPng 定时器

配置 RIPng 各个定时器的值，可通过调节 RIPng 定时器来调整路由协议的性能，以满足网络需要。RIPng 定时器的相关参数解释如下：

- update: 路由更新时间；
- timeout: 路由老化时间，如果在老化时间内没有收到关于某条路由的更新报文，则该条路由在路由表中的度量值将会被设置为 16，此时该条路由将不能用于转发报文；
- invalid: 路由的垃圾回收时间，定义了一条路由从度量值变为 16 开始，直到它从路由表里被删除所经过的时间。在垃圾回收时间内，RIPng 以 16 作为度量值向外发送这条路由的更新，如果垃圾回收定时器超时，该路由仍没有得到更新，则该路由将从路由表中被彻底删除。

表 14-15 配置 RIPng 定时器

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 rip	开启 RIPng 功能，并进入 RIPng 配置模式	缺省情况下，RIPng 功能处于关闭状态

命令	操作	说明
timers basic *update timeout garbage-collection*	配置 RIPng 定时器	update: 路由更新时间，缺省值为 30 秒 timeout: 路由老化时间，缺省值为 180 秒 garbage collection: 路由的垃圾回收时间，缺省值为 120 秒

14.2.4.2 配置水平分割/毒性逆转

当使能毒性逆转时，从一个接口学到的路由还可以从这个接口向外发布，但度量值必须为 16。当配置水平分割功能时，从一个接口学到的路由不能通过此接口向外发布。

表 14-16 配置水平分割/毒性逆转

命令举例	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
ip rip split-horizon [**poisoned**]	配置水平分割/毒性逆转	缺省情况下，端口采用毒性逆转防止路由环路

14.2.5 RIPng 显示与维护

表 14-17 RIPng 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 rip database	显示 RIPng 域的信息	-

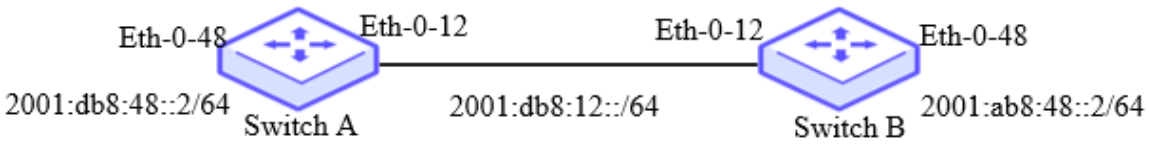
命令	操作	说明
show ipv6 rip interface [*if-name*]	显示接口的 RIPng 信息	if-name：接口名称
show ipv6 rip database database-summary	显示 RIPng 域的概要信息	-
show ipv6 protocol rip	显示 RIPng 协议的信息	-
clear ipv6 rip route { *ipv6-address* | **connected** | **static** | **ospfv3** | **bgp** | **all** }	清除 RIPng 域中的路由	ipv6-address: 指定地址的路由

14.2.6 配置举例

14.2.6.1 配置启用 RIPng

i. 拓扑

图 14-2 RIPng基本配置拓扑图



ii. 配置步骤

Switch A 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ipv6 rip	启用 RIPng
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# interface eth-0-12	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:db8:12::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	配置端口使能 RIPng
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-48	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:db8:48::2/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	配置端口使能 RIPng

Switch B 的配置步骤如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ipv6 rip	启用 RIPng
Switch(config-router)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# interface eth-0-12	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:db8:12::2/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	配置端口使能 RIPng
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-48	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:ab8:49::2/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	配置端口使能 RIPng

iii. 命令验证

使用如下命令 **show ipv6 rip database**、**show ipv6 rip interface**、**show ipv6 protocols rip**、**show ipv6 route rip**，验证上述配置。

1. 上述 Switch A 的配置结果如下：

```
Switch# show ipv6 rip database
Codes: R - RIP, Rc - RIP connected, Rs - RIP static, Ra - RIP aggregated,
       Rcx - RIP connect suppressed, Rsx - RIP static suppressed,
       K - Kernel, C - Connected, S - Static, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
  Network              Next Hop            If      Met Tag Time
R  2001:ab8:49::/64        fe80::1271:d1ff:fec8:3300 eth-0-12 5   0   00:02:34
Rc 2001:db8:12::/64        ::                eth-0-12 1   0
Rc 2001:db8:48::/64        ::                eth-0-48 1   0
Switch# show ipv6 rip interface
eth-0-12 is up, line protocol is up
  Routing Protocol: RIPng
    Passive interface: Disabled
    Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
    IPv6 interface address:
      2001:db8:12::1/64
      fe80::7e14:63ff:fe76:8900/10
eth-0-48 is up, line protocol is up
  Routing Protocol: RIPng
```

```
  Passive interface: Disabled
  Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
  IPv6 interface address:
   2001:db8:48::2/64
   fe80::7e14:63ff:fe76:8900/10
Switch# show ipv6 protocols rip
Routing Protocol is "ripng"
 Sending updates every 30 seconds with +/-5 seconds, next due in 7 seconds
 Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
 Outgoing update filter list for all interface is not set
 Incoming update filter list for all interface is not set
 Default redistribute metric is 1
 Redistributing:
 Interface
  eth-0-12
  eth-0-48
 Routing for Networks:
 Number of routes (including connected): 3
 Distance: (default is 120)
```

```
Switch# show ipv6 route rip

IPv6 Routing Table

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP

    O - OSPF, IA - OSPF inter area

    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

    Dr - DHCPV6 Relay

    [*] - [AD/Metric]

Timers: Uptime

R     2001:ab8:49::/64 [120/5]

    via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 00:26:05
```

2. 上述 Switch B 的配置结果如下：

```
Switch# show ipv6 rip database

    Codes: R - RIP, Rc - RIP connected, Rs - RIP static, Ra - RIP aggregated,
        Rcx - RIP connect suppressed, Rsx - RIP static suppressed,
        K - Kernel, C - Connected, S - Static, O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP
      Network              Next Hop            If     Met Tag Time
    Rc 2001:ab8:49::/64        ::                eth-0-48 1   0
    Rc 2001:db8:12::/64        ::                eth-0-12 1   0
    R  2001:db8:48::/64        fe80::7e14:63ff:fe76:8900 eth-0-12 2   0   00:02:33

Switch# show ipv6 rip interface
```

```
    eth-0-12 is up, line protocol is up
      Routing Protocol: RIPng
        Passive interface: Disabled
        Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
        IPv6 interface address:
          2001:db8:12::2/64
          fe80::1271:d1ff:fec8:3300/10
    eth-0-48 is up, line protocol is up
      Routing Protocol: RIPng
        Passive interface: Disabled
        Split horizon: Enabled with Poisoned Reversed
        IPv6 interface address:
          2001:ab8:49::2/64
          fe80::1271:d1ff:fec8:3300/10
Switch# show ipv6 protocols rip
Routing Protocol is "ripng"
  Sending updates every 30 seconds with +/-5 seconds, next due in 13 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Outgoing routes will have 3 added to metric if on list ripng_acl
  Default redistribute metric is 1
  Redistributing:
```

```
  Interface
    eth-0-12
    eth-0-48
  Routing for Networks:
  Number of routes (including connected): 3
  Distance: (default is 120)
Switch# show ipv6 route rip
    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    R     2001:db8:48::/64 [120/2]
        via fe80::7e14:63ff:fe76:8900, eth-0-12, 00:23:31
```

14.2.6.2 配置 Metric 参数

i. 介绍

偏移度量值是附加在 RIPng 路由上的输入输出度量值，包括发送偏移度量值和接收偏移度量值。发送偏移度量值不会改变路由表中的路由度量值，仅当接口发送 RIP 路由信息时才会添加到发送路由上；接收偏移度量值会影响接收到的路由度量值，接口接收到一条合

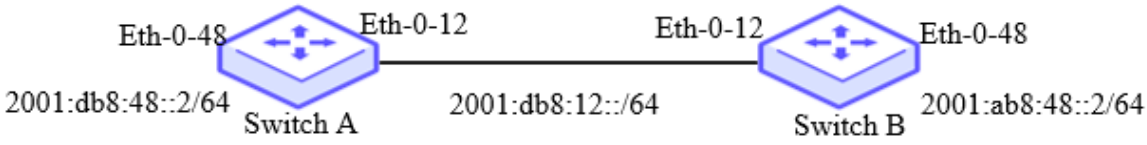
法的 RIP 路由时，在将其加入路由表前会把度量值附加到该路由上。偏移度量值一般包括如下的参数：

- 指定增加路由 Metric 的 ACL 参数说明如下。
  - **In**：应用在从邻居路由器学习到的 RIPng 的路由上
  - **Out**：应用在发布给邻居路由器 RIPng 通告上
- 匹配 ACL 路由的偏移值 Metric
- 应用偏移列表的接口

如果一个路由匹配全局偏移表（不指定接口）和一个基于接口的偏移列表，此时基于接口的偏移列表优先。在这种情况下，基于接口的偏移列表的度量值会被加到路由上。

ii. 拓扑

图 14-3 配置Metric参数拓扑图



iii. 配置文件

Switch A：

```
Switch# show run

    interface eth-0-12
     no switchport
     ipv6 address auto link-local
     ipv6 address 2001:db8:12::1/64
     ipv6 router rip
```

```
!
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
!
```

Switch B:

```
Switch# show run

interface eth-0-12
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:12::2/64
 ipv6 router rip
!
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:ab8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
```

```
router ipv6 rip
!
```

iv. 配置示例

查看 Switch B 的 RIPng 路由表：

```
Switch# show ipv6 route rip
R    2001:db8:48::/64 [120/2]
     via fe80::7e14:63ff:fe76:8900, eth-0-12, 00:44:47
```

Switch A：配置 2001:db8:48::2/6 4 在 Eth-0-12 接口上增加 Metric 3：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#ipv6 access-list ripngoffset	创建 ACL
Switch(config-ipv6-acl)# permit any 2001:db8:48::/64 any	匹配相应的网段
Switch(config-ipv6-acl)# router ipv6 rip	启用 RIPng 路由协议
Switch(config-router)# offset-list ripngoffset out 3 eth-0-12	设置偏移列表的 Metric 值

v. 命令验证

Switch B 的配置结果如下：

```
Switch# show ipv6 route rip
R    2001:db8:48::/64 [120/5]
```

```
via fe80::7e14:63ff:fe76:8900, eth-0-12, 00:00:07
```

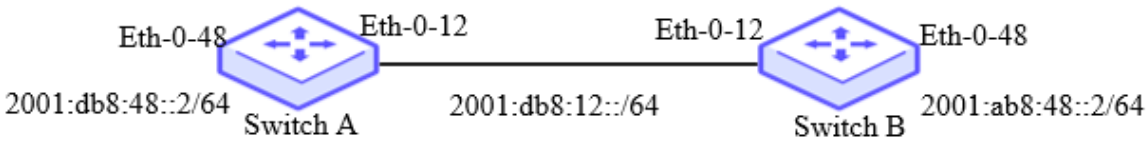
14.2.6.3 配置管理距离

i. 介绍

默认情况下，RIPng 的管理距离是 120。比较路由时，管理距离越低，路由越容易被选中。本小节介绍如何修改 RIPng 的管理距离。

ii. 拓扑

图 14-4 配置管理距离拓扑图



iii. 配置文件

Switch A:

```
Switch# show running-config

    interface eth-0-12
     no switchport
     ipv6 address auto link-local
     ipv6 address 2001:db8:12::1/64
     ipv6 router rip
    !
    interface eth-0-48
     no switchport
     ipv6 nd ra mtu suppress
```

```
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
!
```

Switch B:

```
Switch# show running-config

interface eth-0-12
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:12::2/64
 ipv6 router rip
!
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:ab8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
```

```
!
```

iv. 配置示例

查看 Switch B 的 RIPng 路由表：

```
Switch# show ipv6 route rip

    R     2001:db8:48::/64 [120/2]
          via fe80::7e14:63ff:fe76:8900, eth-0-12, 00:44:47
```

通过以下步骤改变交换机 B 的 RIPng 管理距离：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ipv6 rip	启用 RIPng 路由协议
Switch(config-router)# distance 100	配置 RIPng 路由的管理距离为 100

v. 命令验证

Switch B 的配置结果如下：

```
Switch# show ipv6 route rip

    R     2001:db8:48::/64 [100/2]
          via fe80::7e14:63ff:fe76:8900, eth-0-12, 00:00:09
```

14.2.6.4 配置路由重分布

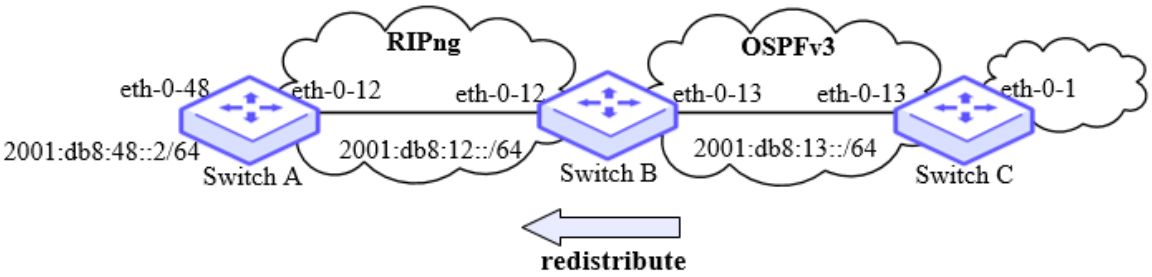
i. 介绍

用户可以将静态路由、直连路由以及其他路由协议（如 OSPFv3）的路由重分布到 RIP 中并被 RIPng 发送给它的邻居。默认 RIPng 的重发布 Metric 为 1，最大 16。将特定的

路由重发布到 RIPng 上，其度量值可以是默认的，也可以是修改后的。下面例子讲述如何重分布其他的路由信息到 RIPng。

ii. 拓扑

图 14-5 配置路由重分布拓扑图



iii. 配置文件

Switch A:

```
Switch# show running-config

 interface eth-0-12
  no switchport
  ipv6 address auto link-local
  ipv6 address 2001:db8:12::1/64
  ipv6 router rip
 !
 interface eth-0-48
  no switchport
  ipv6 nd ra mtu suppress
  ipv6 address auto link-local
  ipv6 address 2001:db8:48::2/64
```

```
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
!
```

Switch B:

```
Switch# show running-config
interface eth-0-12
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:12::2/64
 ipv6 router rip
!
interface eth-0-13
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:13::1/64
 ipv6 router ospf area 0
!
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:ab8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
```

```
router ipv6 rip
!
router ipv6 ospf
 router-id 1.1.1.1
```

Switch C：

```
Switch# show running-config
interface eth-0-1
 no switchport
ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:1::1/64
 ipv6 router ospf area 0
!
interface eth-0-13
 no switchport
 ipv6 address 2001:db8:13::2/64
 ipv6 router ospf area 0
!
router ipv6 ospf
 router-id 2.2.2.2
!
```

iv. 配置示例

- 显示 Switch A 的路由表信息：

```
Switch# show ipv6 route rip
```

```
R    2001:ab8:48::/64 [120/5]
     via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 01:43:37
```

- 显示 Switch B 的路由表信息：

```
Switch# show ipv6 route

O    2001:db8:1::/64 [110/2]
     via fe80::5c37:1dff:febe:2d00, eth-0-13, 00:31:17
R    2001:db8:48::/64 [120/5]
     via fe80::7e14:63ff:fe76:8900, eth-0-12, 00:49:57
```

Switch B 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ipv6 rip	启用 RIPng 路由协议
Switch(config-router)#default-metric 2	指定默认的 Metric
Switch(config-router)#redistribute ospfv3 metric 5	重分布 OSPFv3 路由到 RIPng 中

v. 命令验证

检查 Switch A 的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route rip

R    2001:ab8:48::/64 [120/5]
     via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 01:48:23
R    2001:db8:1::/64 [120/6]
```

```
via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 00:00:19
```

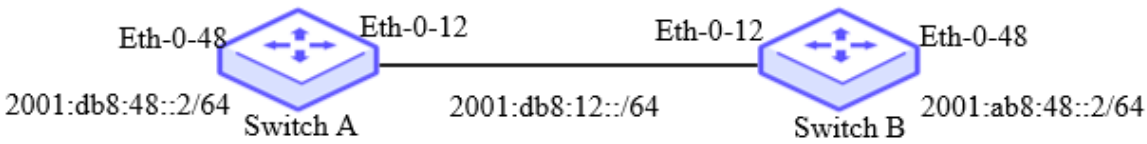
14.2.6.5 配置水平分割参数

i. 介绍

通常情况下，连接到组播网络并且使用距离矢量路由协议的路由器，使用水平分割机制来避免环路。配置水平分割可以使得从一个接口学到的路由不能通过此接口向外发布，这通常优化了多个路由器之间的通信，尤其在链路中断时。配置毒性逆转可以使得从一个接口学到的路由还可以从这个接口向外发布，但这些路由的度量值已设置为16，即不可达。

ii. 拓扑

图 14-6 配置水平分割参数拓扑图



iii. 配置文件

Switch A:

```
Switch# show running-config

    interface eth-0-12
     no switchport
     ipv6 address auto link-local
     ipv6 address 2001:db8:12::1/64
     ipv6 router rip
    !
```

```
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
!
```

Switch B:

```
Switch# show running-config

interface eth-0-12
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:12::2/64
 ipv6 router rip
!
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:ab8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
```

```
router ipv6 rip
!
```

iv. 配置示例

Switch B:

1. 配置禁用水平分割

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-12	配置接口 eth-0-12
Switch(config-if)# no ipv6 rip split-horizon	禁用水平分割

2. 配置启用水平分割

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-12	配置接口 eth-0-12
Switch(config-if)# ipv6 rip split-horizon	启用水平分割

v. 命令验证

使用如下命令，验证上述配置：

show running-config

show ipv6 rip interface

14.2.6.6 配置 RIPng 路由过滤列表

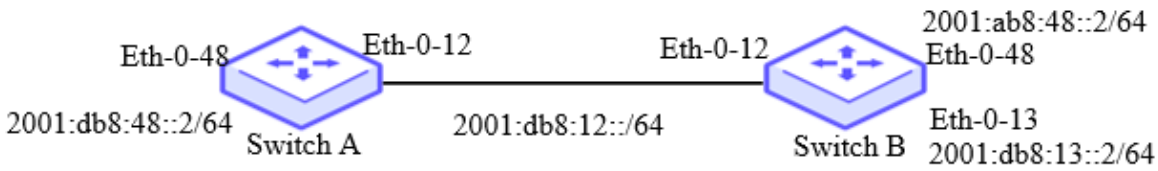
i. 介绍

路由器提供路由信息过滤功能，通过指定访问控制列表和地址前缀列表，可以配置入口或出口过滤策略，对接收或发布的路由进行过滤。一个路由过滤列表通常包括如下参数：

- 一个被用作过滤器的 ACL 或 Prefix List。
- In 方向：过滤器被应用在学习到的路由上；Out 方向：过滤器被应用在发布的路由上。
- 应用过滤器的接口（可选）。

ii. 拓扑

图 14-7 配置RIPng路由过滤列表拓扑图



iii. 配置文件

Switch A:

```
Switch# show running-config

    interface eth-0-12
     no switchport
     ipv6 address auto link-local
     ipv6 address 2001:db8:12::1/64
     ipv6 router rip
```

```
!
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
!
```

Switch B:

```
Switch# show running-config

interface eth-0-12
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:12::2/64
 ipv6 router rip
!
interface eth-0-13
 no switchport
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:db8:13::1/64
 ipv6 router rip
!
```

```
interface eth-0-48
 no switchport
 ipv6 nd ra mtu suppress
 ipv6 address auto link-local
 ipv6 address 2001:ab8:48::2/64
 ipv6 router rip
!
router ipv6 rip
!
```

iv. 配置示例

Switch A 的路由表信息如下：

```
Switch# show ipv6 route rip

R     2001:ab8:48::/64 [120/5]
      via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 00:18:29
R     2001:db8:13::/64 [120/2]
      via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 00:03:37
```

参照如下表中的命令，配置 Switch B：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ipv6 prefix-list ripngfilter seq 5 deny 2001:db8:48::/64 Switch(config)# ipv6 prefix-list ripngfilter seq 10 permit any	建立列表
Switch(config)# router ipv6 rip	启用 RIPng 路由协议
Switch(config-router)# distribute-list prefix ripngfilter out eth-0-12	应用策略

v. 命令验证

检查 Switch A 的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route rip

    R     2001:db8:13::/64 [120/2]
          via fe80::1271:d1ff:fec8:3300, eth-0-12, 00:03:37
```

14.3 OSPFv3 配置

14.3.1 简介

RIP 协议主要应用于小型网络中，有一定的局限性，如收敛慢、故障恢复时间较长、缺乏全局性、跳数限制等问题。而 OSPF 适用于大型网络，可以有效地解决这些问题。OSPF 协议为 IP 协议提供路由功能，OSPFv2（OSPF 版本 2）路由协议支持 IPv4，为了使 OSPF 协议支持 IPv6，技术人员开发了 OSPFv3（OSPF 版本 3）路由协议，OSPFv3 的定义及特性如下：

14.3.1.1 定义

开放最短路径优先协议 OSPF（Open Shortest Path First）是 IETF 组织开发的一个基于链路状态的内部网关协议，OSPFv3 是 OSPF 版本 3 的简称，主要提供对 IPv6 路由的支持，遵循的标准是 RFC5340 (OSPF for IPv6)，OSPFv3 和 OSPFv2 有很多方面是相同的，例如：

- Router ID，Area ID，LSA Link State ID 仍然是 32 位的。
- 协议报文类型一致，包括 Hello 报文、DD 报文、LSR 报文、LSU 报文和 LSAck 报文。
- 邻居发现和邻接建立机制相同。
- LSA 泛洪和老化机制相同。

OSPFv3 和 OSPFv2 有如下不同点：

- OSPFv3 是基于链路运行的，而 OSPFv2 是基于子网运行的。
- OSPFv3 在同一个链路上可以运行多个实例。
- OSPFv3 的拓扑关系和 IPv6 前缀信息分离。
- 使用 Link Local 地址作为路由下一跳。
- 新增了 Link LSA 以及本地链路泛洪范围。

14.3.1.2 特性

- 支持末梢区域：支持路由重分布，包括将其他路由协议学到的路由导入 OSPFv3 或者将 OSPFv3 学到的路由导出到其他路由协议中。
- 支持 OSPFv3 多进程。
- 支持在一条链路上运行多实例。

14.3.2 配置 OSPFv3 的基本功能

14.3.2.1 创建 OSPFv3 进程

只有在 OSPFv3 模式下配置了 Router ID，OSPFv3 进程才能正常运行，否则只能看到该进程，但无法生成 LSA。

表 14-18 创建 OSPFv3 进程

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3进程号，整数形式，取值范围是1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0

14.3.2.2 创建路由器 ID

此参数是 OSPFv3 协议中一个很重要的参数。在 OSPFv3 协议中，路由器 ID 号是一个 32 比特无符号整数，是一台路由器在 OSPFv3 自治系统中的唯一标识。用户必须在 OSPFv3 模式下配置路由器 ID 号，否则 OSPFv3 将无法运行。在手工设置路由器 ID 号时，必须保证自治系统中任意两台路由器 ID 号都不相同。若在已经有邻居的路由器上用此命令更改了路由器 ID，则该 ID 必须重新启用 OSPF 协议才能生效。

表 14-19 创建路由器 ID

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进	process-id: OSPFv3

命令	操作	说明
	入 OSPFv3 配置模式	进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
router-id *ip-address*	配置 OSPFv3 的路由器 ID	ip-address: IP 地址

14.3.2.3 配置接口使能 OSPFv3 功能

全局使能 IPv6 功能后，创建 OSPFv3 进程和路由器 ID。然后进入接口配置模式配置 IPv6 地址，将端口进入到创建的 OSPFv3 进程中，即可启用 OSPFv3 功能。

表 14-20 配置接口使能 OSPFv3 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	使能三层接口属性	-
no shutdown	开启端口	-
ipv6 address *global-prefix* [**eui-64** | **anycast**]	配置接口上的 IPv6 地址	缺省情况下，接口上未配置 IPv6 地址； global-prefix: 全球单播地址，格式为 X:X::X:X/M format

命令	操作	说明
ipv6 router ospf *process-id* **area** *area-id* [**instance** *instance-id*]	在接口上使能 OSPFv3 功能	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535 area-id: 区域标识符，标识符可以是十进制的或者是 IP 地址 instance-id: 实例 ID，取值范围是 0～255，缺省值是 0

14.3.3 配置 OSPFv3 的 Stub 区域

有两种 Stub 区域的路由配置命令：**stub** 和 **default-cost** 命令。更多关于 OSPFv3 的区域参数配置可参考 14.3.7.3。

表 14-21 配置 OSFPv3 的 Stub 区域

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
area *area-id* **stub** [**no-summary**]	配置指定区域为 Stub（存根）区域	缺省情况下，没有区域被设置为 Stub（存根）区域 area-id: 以 ID 或者 IP 地址

命令	操作	说明
		标识的 OSPF 区域
area *area-id* **default-cost** *cost*	配置 Stub 区域及其 Cost 值	area-id: 区域标识符，可以是十进制的或者是 IP 地址 cost: 取值范围为 0~16777215



说明

配置 Stub 区域后只学习类型为 1 类 (Router-Lsa)，2 类 (Network Lsa)和 3 类 (Summary Lsa)的 LSA。

14.3.4 配置 OSPFv3 路由信息控制

14.3.4.1 配置 OSPFv3 路由聚合

1. 配置ABR路由聚合

只能在 ABR 路由器上使用 **area range** 命令，对当前区域进行路由聚合。聚合的结果是由 ABR 把单一的汇总路由宣告给其他区域。一个区域可配置多条聚合网段，这样 OSPFv3 可对多个网段进行聚合。

表 14-22 配置 ABR 路由聚合

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
area *area-id* **range** *ipv6-address/mask* [**not-advertise**]	配置 ABR 路由聚合	缺省情况下，不对路由进行聚合 area-id: 以 ID 标识的 OSPF 区域 ipv6-address/mask: 聚合路由的目的 IPv6 地址/地址前缀长度

2. 配置ASBR路由聚合

从其他路由协议学到的路由可以在 ASBR 上进行汇总，汇总路由里的 metric 值选择的是所有被汇总的路由中的最大值。该命令可以用来帮助减少路由表的大小。配置 **summary-address** 命令后，对处于聚合地址范围内的外部路由，本地路由器只向邻居路由器发布一条聚合后的路由。用户可以使用命令 **area range** 对 OSPF 区域间的路由进行汇总。

表 14-23 配置 ASBR 路由聚合

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程

命令	操作	说明
		号，缺省使用进程号 0
summary-address *prefix/prefix-length* [**not-advertise**] [**tag** *tag-value*]	配置 ASBR 路由聚合	缺省情况下，不对外部路由进行聚合 prefix/prefix-length: IPv6 路由的前缀/前缀长度 tag-value: 路由标记，取值范围为 0~4294967295，默认值为 0

14.3.4.2 配置 OSPFv3 引入外部路由

1. 配置OSPFv3引入其他协议的路由

外部路由是指到达自治系统外部的路由，有以下两种：

Type-1 外部路由指接收的 IGP 路由，如 RIPng 和 STATIC。此类路由有较高的可靠性，所以外部路由开销的计算结果等于自治系统的内部路由开销，并可与 OSPF 本身的路由开销相比较。也就是说，到达 Type-1 外部路由的开销等于路由器到达对应 ASBR 的开销加上 ASBR 到达目的地址的开销。

Type-2 外部路由指接收的 EGP 路由。此类路由可靠性较低，所以 OSPF 协议认为从 ASBR 到达自治系统外部的路由开销要远远高于自治系统内部到达 ASBR 的路由开销。因此在计算路由开销时主要考虑前者。也就是说，到达 Type-2 外部路由的开销等于 ASBR 到达目的地址的开销。

表 14-24 配置 OSPFv3 引入其他协议的路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
default-metric *metric-value*	配置 OSPFv3 引入外部路由时的开销	metric-value: 指定的路由开销值，默认为 20
redistribute { bgp | connected | ripng | static | ospfv3 [*process-id*] } [**route-map** *word*] [**tag** *tag-value*] [**metric** *metric-value*] [**metric-type** *type-value*]	配置路由重发布，将其他协议的路由引入到 OSPFv3 路由域	process-id: OSPFv3 的进程 ID word: 路由策略名 tag-value: 路由标记值 metric-value: 重发布路由时的度量值，默认为 20 type-value: Type-1 外部路由和 Type-2 外部路由；缺省情况下，引入类型 2 的外部路由。目前不支持 BGP 和 route-map

2. 配置OSPFv3引入缺省路由

表 14-25 配置 OSPFv3 引入缺省路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
default-information originate [**route-map** *word*] [**always**] [**metric** *metric-value*] [**metric-type** *type-value*]	配置 OSPFv3 引入缺省路由	缺省情况下，未引入缺省路由 word: 路由策略，目前不支持 IPv6 的 route-map，如果配置了 route-map，会当作不存在处理 metric-value: 生成默认路由的 Metric，未指定时，默认值是 1 type-value: Type-1 外部路由和 Type-2 外部路由；缺省情况下，引入类型 2 的外部路由

14.3.4.3 配置接口的开销值

表 14-26 配置接口的开销值

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	使能三层接口属性	-
ipv6 ospf cost *interface-cost* [**instance** *instance-id*]	配置接口的开销值	interface-cost: 取值范围为 1 ~ 65535 instance-id: 指定接口所属的实例 ID，取值范围是 0～255，缺省值为 0

14.3.4.4 配置带宽参考值

使用 **ipv6 ospf cost** 命令设置的端口 Cost 值将会覆盖用该命令计算出来的 cost 值。计算链路开销的公式为：参考带宽/端口速率。

表 14-27 配置带宽参考值

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
auto-cost reference-bandwidth *rate*	配置计算链路开销时所依据的带宽参考值	rate: 取值范围为 1 ~4294967，单位：Mbps；默认是 100

14.3.5 优化 OSPFv3 网络性能

14.3.5.1 配置接口发送 LSA 报文的延迟时间

LSA 在本路由器的链路状态数据库（LSDB）中会随时间老化（每秒钟加 1），但在网络的传输过程中却不会，所以有必要在发送之前在 LSA 的老化时间上增加一定的延迟时间。此配置对低速率的网络尤其重要。

表 14-28 配置接口发送 LSA 报文的延迟时间

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	-
no switchport	设置接口为三层接口	-
ipv6 ospf transmit-delay *seconds* [**instance** *instance-id*]	配置接口发送 LSA 报文的延迟时间	seconds: 延迟时间，取值范围为 1~65535，单位：秒，缺省值为 1 秒 instance-id: 指定接口所属的实例 ID，取值范围为 0～255，缺省值为 0

14.3.5.2 配置 SPF 计算时间间隔

表 14-29 配置 SPF 计算时间间隔

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
router ipv6 ospf [*process-id*]	创建 OSPFv3 进程并进入 OSPFv3 配置模式	process-id: OSPFv3 进程号，整数形式，取值范围是 1～65535。如果不指定进程号，缺省使用进程号 0
timers spf exp *spf-hold-min spf-hold-max*	配置 SPF 计算时间间隔	spf-hold-min: SPF 计算的最小时间间隔 spf-hold-max: SPF 计算的最大时间间隔

14.3.5.3 配置 LSA 重传时间间隔

当一个路由器发送 LSA 报文到它的邻居时，它会缓存该报文直到收到邻居的确认报文。如果在重传时间间隔内没有收到确认报文，该 LSA 将被重传。设置该值必须要谨慎，以免引起不必要的重传。通常，这个值要大于两个路由器之间的报文往返延迟。

表 14-30 配置 LSA 重传时间间隔

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	设置接口为三层接口	-
ipv6 ospf retransmit-interval *seconds* [**instance** *instance-id*]	配置 LSA 重传时间间隔	seconds: 重传时间间隔，取值范围为 1~65535，单位：秒，缺省值为 5 秒

命令	操作	说明
		instance-id: 指定接口所属的实例 ID，取值范围为 0～255，缺省值为 0

14.3.5.4 配置端口 DR 的优先级

端口的优先级主要用来选举网络中的 DR 和 BDR，优先级高的会被选举为 DR。如果优先级相等，则 Router-ID 值较大的会被选举为 DR；如果某一个端口的优先级被设置为 0，则此端口不会参加 DR 和 BDR 的选举。端口优先级只在多路访问的网络中起作用，即对点对点网络无效。

表 14-31 配置端口的优先级

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	设置接口为三层接口	-
ipv6 ospf priority *priority-value* [**instance** *instance-id*]	配置端口 DR 的优先级	priority-value: 优先级的取值范围为 0～255，默认值是 1 instance-id: 指定接口所属的实例 ID，取值范围为 0～255，缺省值为 0

14.3.5.5 配置忽略 DD 报文中的 MTU 检测

OSPFv3 检查邻居是否使用相同的 MTU 值。这个检查在互相交换数据库描述（DD）报文时产生，如果在接收到的 DD 报文里的 MTU 高于入接口上配置的 MTU，OSPFv3 邻接将无法建立。

表 14-32 配置忽略 DD 报文中的 MTU 检测

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	设置接口为三层接口	-
ipv6 ospf mtu-ignore [**instance** *instance-id*]	忽略 DD 报文中的 MTU 检测	缺省情况下，默认接口启用 MTU 的匹配功能 instance-id: 指定接口所属的实例 ID，取值范围是 0～255，缺省值是 0

14.3.6 OSPFv3 显示与维护

表 14-33 OSPF 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 ospf [*process-id*]	查看全部或指定 OSPFv3 路由进程相关信息	process-id: OSPFv3 进程号

命令	操作	说明
show ipv6 ospf [*process-id*] **database** [**external** | **inter-prefix** | **inter-router** | **intra-prefix** | **link** | **network** | **router**] [*link-state-id*] [**adv-router** *router-id* | **self-originate**] **show ipv6 ospf** [*process-id*] **database max-age**	显示 OSPFv3 路由进程的链路状态数据库信息	process-id: OSPFv3 进程号 link-state-id: 查看自治系统边界路由器的汇总 LSA 信息 router-id: 查看指定 OSPFv3 宣告路由器的 LSA 信息
show ipv6 ospf interface [*if-name*]	显示 OSPFv3 接口的信息	if-name: 接口名称 neighbor-id: 邻居 ID（点分十进制）
show ipv6 ospf neighbor [*if-name*] [*neighbor-id*] [**detail**]	显示 OSPFv3 邻居信息	
show ipv6 ospf [*process-id*] **database database-summary**	显示 OSPFv3 数据库信息的摘要和汇总	process-id: OSPFv3 进程号
show ipv6 ospf [*process-id*] **route**	显示 OSPFv3 路由的信息	

命令	操作	说明
show ipv6 ospf [*process-id*] **route summary**	显示 OSPFv3 路由的信息汇总	
show ipv6 protocols ospf	查看 OSPFv3 协议的参数设置信息	-

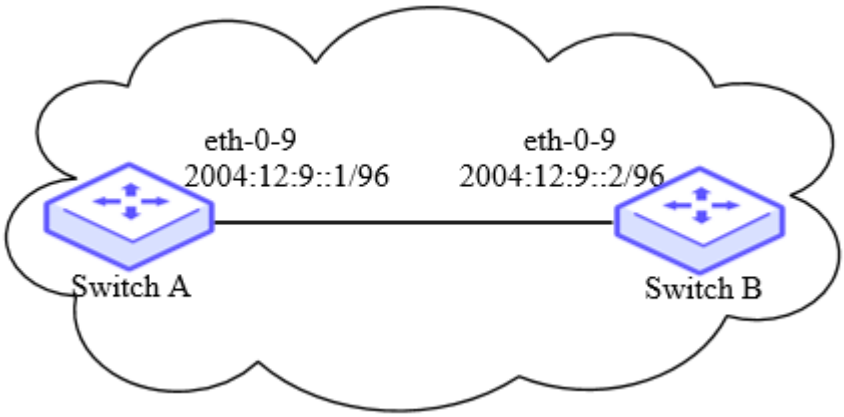
14.3.7 OSPFv3 配置举例

14.3.7.1 配置接口启用 OSPFv3

下面的例子描述了一个接口上启用 OSPFv3 所需的最低配置。

i. 拓扑

图 14-8 配置接口启用OSPFv3拓扑图



ii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 100	创建 OSPFv3 进程号 100
Switch(config-router)# router-id 1.1.1.1	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 200	创建 OSPFv3 进程号 200

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# router-id 2.2.2.2	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

iii. 命令验证

使用 **show ipv6 ospf database、show ipv6 ospf interface、show ipv6 ospf neighbor、show ipv6 ospf route** 命令，验证上述配置。

- 检查Switch A的配置结果：

```
Switch# show ipv6 ospf database

            OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 100)

              Link-LSA (Interface eth-0-9)

  Link State ID  ADV Router     Age  Seq#       CkSum  Prefix

  0.0.0.9        1.1.1.1        614 0x80000001 0x6a40     1

  0.0.0.9        2.2.2.2         68 0x80000001 0x4316     1
```

```
            Router-LSA (Area 0.0.0.0)
    Link State ID   ADV Router     Age  Seq#       CkSum   Link
    0.0.0.0         1.1.1.1        54 0x80000003 0xb74b    1
    0.0.0.0         2.2.2.2        55 0x80000003 0x9965    1
            Network-LSA (Area 0.0.0.0)
    Link State ID   ADV Router     Age  Seq#       CkSum
    0.0.0.9         1.1.1.1        54 0x80000001 0x3ed1
            Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)
    Link State ID   ADV Router     Age  Seq#       CkSum  Prefix  Reference
    0.0.0.2         1.1.1.1        53 0x80000001 0x450a    1  Network-LSA

Switch# show ipv6 ospf neighbor

    OSPFv3 Process (100)
    Neighbor ID     Pri   State           Dead Time   Interface  Instance ID
    2.2.2.2           1   Full/Backup     00:00:33    eth-0-9    0

Switch# show ipv6 ospf route

    OSPFv3 Process (100)
    Codes: C - connected, D - Discard, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      Destination                       Metric
       Next-hop
    C  2004:12:9::/96                      1
       directly connected, eth-0-9, Area 0.0.0.0
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
Switch# show ipv6 ospf database
```

```
            OSPFv3 Router with ID (2.2.2.2) (Process 200)
              Link-LSA (Interface eth-0-9)
    Link State ID  ADV Router     Age  Seq#       CkSum  Prefix
    0.0.0.9        1.1.1.1        774 0x80000001 0x6a40    1
    0.0.0.9        2.2.2.2        228 0x80000001 0x4316    1
              Router-LSA (Area 0.0.0.0)
    Link State ID  ADV Router     Age  Seq#       CkSum   Link
    0.0.0.0        1.1.1.1        217 0x80000003 0xb74b    1
    0.0.0.0        2.2.2.2        214 0x80000003 0x9965    1
              Network-LSA (Area 0.0.0.0)
    Link State ID  ADV Router     Age  Seq#       CkSum
    0.0.0.9        1.1.1.1        215 0x80000001 0x3ed1
              Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)
    Link State ID  ADV Router     Age  Seq#       CkSum  Prefix  Reference
    0.0.0.2        1.1.1.1        214 0x80000001 0x450a    1  Network-LSA

Switch# show ipv6 ospf neighbor

    OSPFv3 Process (200)
    Neighbor ID    Pri   State           Dead Time   Interface  Instance ID
    1.1.1.1          1   Full/DR         00:00:35    eth-0-9    0

Switch# show ipv6 ospf route

    OSPFv3 Process (200)
    Codes: C - connected, D - Discard, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      Destination                      Metric
       Next-hop
```

```
C  2004:12:9::/96                    1
     directly connected, eth-0-9, Area 0.0.0.0
```

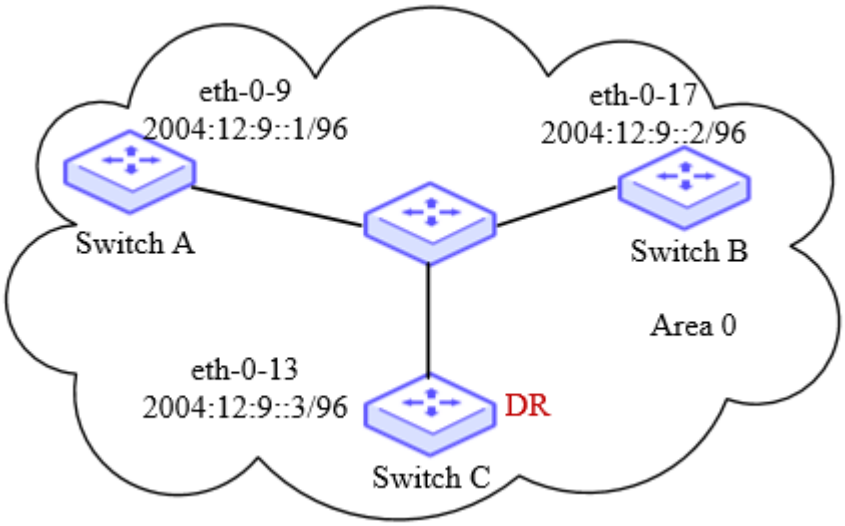
14.3.7.2 配置 OSPFv3 优先级

i. 介绍

本小节主要讲述如何配置接口优先级，优先级高的成为 DR。优先级为 0 的不参与 DR 选举。Switch C 的优先级是 10，比 Switch A 和 Switch B 的默认优先级 1 要高，因此 Switch C 将成为这个网络内的 DR。

ii. 拓扑

图 14-9 配置OSPFv3优先级拓扑图



iii. 配置方法

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 100	创建 OSPFv3 进程号 100
Switch(config-router)# router-id 1.1.1.1	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 200	创建 OSPFv3 进程号 200
Switch(config-router)# router-id 2.2.2.2	指定 Router ID

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch C:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 300	创建 OSPFv3 进程号 300
Switch(config-router)# router-id 3.3.3.3	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::3/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process300、area 0、instance0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

iv. 命令验证

使用 **show ipv6 ospf neighbor、show ipv6 ospf interface** 命令，验证以上配置是否正确。

检查 Switch C 的配置结果：

```
Switch# show ipv6 ospf interface

 eth-0-13 is up, line protocol is up
  Interface ID 13
  IPv6 Prefixes
   fe80::ee66:91ff:fe45:db00/10 (Link-Local Address)
   2004:12:9::3/96
  OSPFv3 Process (300), Area 0.0.0.0, Instance ID 0
   Router ID 3.3.3.3, Network Type BROADCAST, Cost: 1
   Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 10
   Designated Router (ID) 3.3.3.3
    Interface Address fe80::ee66:91ff:fe45:db00
```

```
    Backup Designated Router (ID) 2.2.2.2
     Interface Address fe80::c629:f2ff:fe02:3600
    Timer interval configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
     Hello due in 00:00:01
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2

Switch# show ipv6 ospf neighbor

  OSPFv3 Process (300)
  Neighbor ID    Pri   State        Dead Time   Interface  Instance ID
  1.1.1.1          1   Full/DROther    00:00:32    eth-0-13   0
  2.2.2.2          1   Full/Backup     00:00:36    eth-0-13   0
```

14.3.7.3 配置 OSPFv3 区域参数

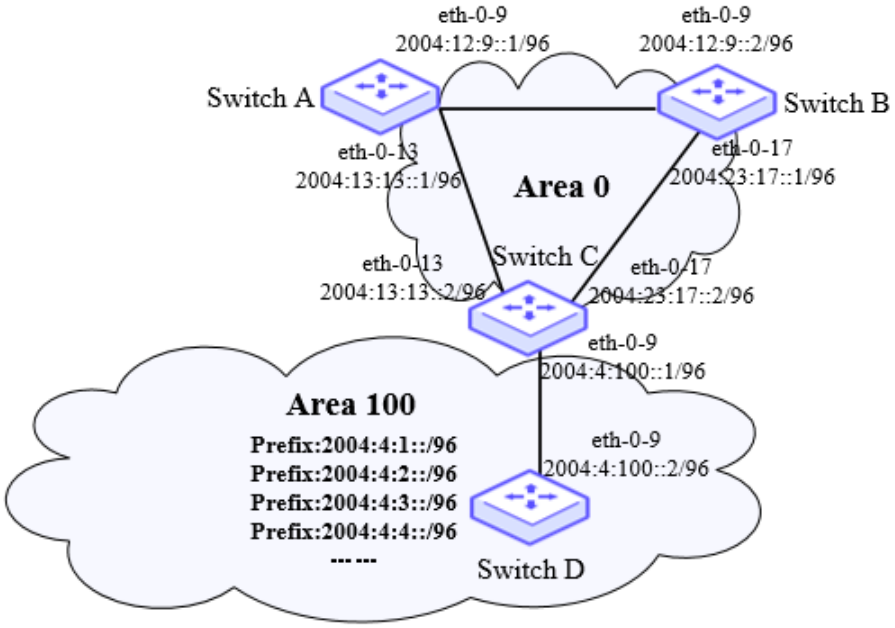
i. 介绍

用户可以选择性地配置多个 OSPFv3 区域参数。这些参数将区域配置为末梢区域(Stub)。Stub 区域是一些特定的区域，Stub 区域的 ABR 不传播它们接收到的自治系统外部路由，在这些区域中路由器的路由表规模以及路由信息传递的数量都会大大减少。为保证到自治系统外的路由依旧可达，该区域的 ABR 将生成一条缺省路由，并发布给 Stub 区域中的其他非 ABR 路由器。

路由聚合是指 ABR 或 ASBR 将具有相同前缀的路由信息聚合，只发布一条路由到其它区域。AS 被划分成不同的区域后，区域间可以通过路由聚合来减少路由信息，减小路由表的规模，提高路由器的运算速度。如果网络号是连续的，你可以使用 **area range** 命令将这些连续的网段聚合成一个网段。这样 ABR 只发送一条聚合后的 LSA，所有属于本命令指定的聚合网段范围的 LSA 将不再会被单独发送出去，可减少其它区域中 LSDB 的规模。

ii. 拓扑

图 14-10 配置OSPFv3区域拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 100	创建 OSPFv3 进程号 100
Switch(config-router)# router-id 1.1.1.1	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式.
Switch(config)#interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:13:13::2/96	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process100、area0、instance0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6

命令举例	操作步骤
Switch(config)# router ipv6 ospf 200	创建 OSPFv3 进程号 200
Switch(config-router)# router-id 2.2.2.2	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式.
Switch(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:23:17::1/96	设置端口的 IP 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch C：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 300	创建 OSPFv3 进程号 300
Switch(config-router)# router-id 3.3.3.3	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:13:13::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:23:17::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:100::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 100 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 100、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ipv6 ospf 300	进入 OSPF 进程号 300

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# area 100 range 2004:4::/32	指定一段 prefix 发布到 OSPFv3 区域 0
Switch(config-router)# area 100 stub no-summary	区域 100 设置成 Stub 区域
Switch(config-router)# end	退出 OSPFv3 配置模式

Switch D：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 400	创建 OSPFv3 进程号 400
Switch(config-router)# router-id 4.4.4.4	指定 Router ID
Switch(config-router)# area 100 stub no-summary	区域 100 设置成 Stub 区域
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:100::2/96	配置 IPv6 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 100 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 100、instance0 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:1::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 100 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 100、instance 0 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:2::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 100 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 100、instance 0 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-3	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:3::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 100 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 100、instance0 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-4	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:4::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 100 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 100、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

iv. 命令验证

使用 **show ipv6 route** 命令验证上述配置。

- Switch A的配置结果如下:

```
Switch# show ipv6 route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    O IA   2004:4::/32 [110/3]
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-13, 00:01:00
    C      2004:12:9::/96
        via ::, eth-0-9, 00:15:56
    C      2004:12:9::1/128
        via ::1, eth-0-9, 00:15:56
    C      2004:13:13::/96
        via ::, eth-0-13, 00:15:55
    C      2004:13:13::2/128
        via ::1, eth-0-13, 00:15:55
    O      2004:23:17::/96 [110/2]
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-9, 00:08:10
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-13, 00:08:10
    C      fe80::/10
        via ::, Null0, 00:15:57
```

- Switch B的配置结果如下：

```
Switch# show ipv6 route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    O IA   2004:4::/32 [110/3]
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-17, 00:00:57
    C      2004:12:9::/96
        via ::, eth-0-9, 00:12:24
    C      2004:12:9::2/128
        via ::1, eth-0-9, 00:12:24
    O      2004:13:13::/96 [110/2]
        via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-9, 00:07:52
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-17, 00:07:52
    C      2004:23:17::/96
        via ::, eth-0-17, 00:12:24
    C      2004:23:17::1/128
        via ::1, eth-0-17, 00:12:24
    C      fe80::/10
        via ::, Null0, 00:12:26
```

- Switch C的配置结果如下:

```
Switch# show ipv6 route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    O    2004:4::/32 [110/0]
        via ::, Null0, 00:08:31
    O    2004:4:1::/96 [110/2]
        via fe80::ee66:91ff:fe45:db00, eth-0-9, 00:01:08
    O    2004:4:2::/96 [110/2]
        via fe80::ee66:91ff:fe45:db00, eth-0-9, 00:01:08
    O    2004:4:3::/96 [110/2]
        via fe80::ee66:91ff:fe45:db00, eth-0-9, 00:01:08
    O    2004:4:4::/96 [110/2]
        via fe80::ee66:91ff:fe45:db00, eth-0-9, 00:01:08
    C    2004:4:100::/96
        via ::, eth-0-9, 00:08:32
    C    2004:4:100::1/128
        via ::1, eth-0-9, 00:08:32
    O    2004:12:9::/96 [110/2]
        via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-13, 00:08:03
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-17, 00:08:03
```

```
O    2004:13:13::/96 [110/1]
     via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-13, 00:08:18
C    2004:23:17::/96
     via ::, eth-0-17, 00:08:32
C    2004:23:17::2/128
     via ::1, eth-0-17, 00:08:32
C    fe80::/10
     via ::, Null0, 00:08:34
```

- Switch D的配置结果如下：

```
Switch# show ipv6 route

IPv6 Routing Table
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    Dr - DHCPV6 Relay
    [*] - [AD/Metric]
Timers: Uptime
O IA   ::/0 [110/2]
     via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-9, 00:00:53
C    2004:4:1::/96
     via ::, eth-0-1, 00:03:09
C    2004:4:1::1/128
     via ::1, eth-0-1, 00:03:09
C    2004:4:2::/96
```

```
       via ::, eth-0-2, 00:03:08
C      2004:4:2::1/128
       via ::1, eth-0-2, 00:03:08
C      2004:4:3::/96
       via ::, eth-0-3, 00:03:08
C      2004:4:3::1/128
       via ::1, eth-0-3, 00:03:08
C      2004:4:4::/96
       via ::, eth-0-4, 00:03:09
C      2004:4:4::1/128
       via ::1, eth-0-4, 00:03:09
C      2004:4:100::/96
       via ::, eth-0-9, 00:03:09
C      2004:4:100::2/128
       via ::1, eth-0-9, 00:03:09
C      fe80::/10
       via ::, Null0, 00:03:10
```

14.3.7.4 配置 OSPFv3 路由重分布示例

i. 介绍

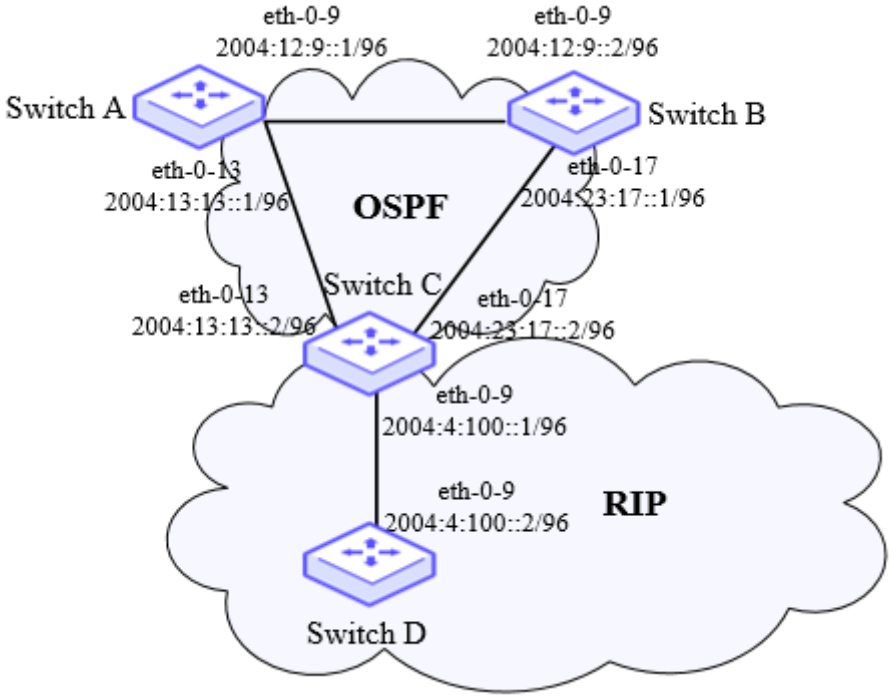
区域内和区域间路由描述的是 AS 内部的网络结构，外部路由则描述了应该如何选择到 AS 以外目的地址的路由。OSPF 将引入的 AS 外部路由分为两类：Type1 和 Type2。

第一类外部路由是指接收的是 IGP（Interior Gateway Protocol，内部网关协议）路由（例如静态路由和 RIPng 路由）。由于这类路由的可信程度较高，并且和 OSPFv3 自身路由的开销具有可比性，所以到第一类外部路由的开销等于本路由器到相应的 ASBR 的开销与 ASBR 到该路由目的地址的开销之和。

第二类外部路由是指接收的是 EGP（Exterior Gateway Protocol，外部网关协议）路由。由于这类路由的可信度比较低，所以 OSPFv3 协议认为从 ASBR 到自治系统之外的开销远远大于在自治系统之内到达 ASBR 的开销。所以计算路由开销时将主要考虑前者，即到第二类外部路由的开销等于 ASBR 到该路由目的地址的开销。如果计算出开销值相等的两条路由，再考虑本路由器到相应的 ASBR 的开销。本例 RIP 路由将作为外部路由被重分布到 OSPFv3 网络中。

ii. 拓扑

图 14-11 OSPFv3路由重分布拓扑图



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 100	创建 OSPFv3 进程号 100
Switch(config-router)# router-id 1.1.1.1	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出接口配置模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:13:13::2/96	设置端口的 IPv6 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 200	创建 OSPFv3 进程号 200
Switch(config-router)# router-id 2.2.2.2	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:23:17::1/96	设置端口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch C:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 300	创建 OSPFv3 进程号 300
Switch(config-router)# router-id 3.3.3.3	指定 Router ID
Switch(config-router)# redistribute ripng	重发布 RIPng 到 OSPFv3 中
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:13:13::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:23:17::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# router ipv6 rip	使能 RIPng
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:100::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	将该端口加入到 RIPng 路由域中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch D:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 rip	使能 RIPng
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:100::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	将该端口加入到 RIPng 路由域中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:4:1::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router rip	将该端口加入到 RIPng 路由域中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

iv. 命令验证

使用 **show ipv6 ospf database external** 与 **show ipv6 route** 命令，验证上述配置。

- 检查Switch A的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    O E2   2004:4:1::/96 [110/20]
```

```
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-13, 00:00:03
C       2004:12:9::/96
        via ::, eth-0-9, 00:34:20
C       2004:12:9::1/128
        via ::1, eth-0-9, 00:34:20
C       2004:13:13::/96
        via ::, eth-0-13, 00:34:19
C       2004:13:13::2/128
        via ::1, eth-0-13, 00:34:19
O       2004:23:17::/96 [110/2]
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-9, 00:26:34
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-13, 00:26:34
C       fe80::/10
        via ::, Null0, 00:34:21

Switch# show ipv6 ospf database external

            OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 100)

              AS-external-LSA

  LS age: 140
  LS Type: AS-External-LSA
  Link State ID: 0.0.0.1
  Advertising Router: 3.3.3.3
  LS Seq Number: 0x80000001
  Checksum: 0x66F7
  Length: 44
   Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
   Metric: 20
```

```
Prefix: 2004:4:1::/96
Prefix Options: 0 (-|-|-|-)
External Route Tag: 0
```

- 检查Switch B的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route

  IPv6 Routing Table
  Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
      O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      Dr - DHCPV6 Relay
      [*] - [AD/Metric]
  Timers: Uptime
  O E2   2004:4:1::/96 [110/20]
      via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-17, 00:02:43
  C     2004:12:9::/96
      via ::, eth-0-9, 00:33:31
  C     2004:12:9::2/128
      via ::1, eth-0-9, 00:33:31
  O     2004:13:13::/96 [110/2]
      via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-9, 00:28:59
      via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-17, 00:28:59
  C     2004:23:17::/96
      via ::, eth-0-17, 00:33:31
  C     2004:23:17::1/128
```

```
        via ::1, eth-0-17, 00:33:31
    C     fe80::/10
        via ::, Null0, 00:33:33

Switch# show ipv6 ospf database external

    show ipv6 ospf database external
            OSPFv3 Router with ID (2.2.2.2) (Process 200)
              AS-external-LSA
     LS age: 195
     LS Type: AS-External-LSA
     Link State ID: 0.0.0.1
     Advertising Router: 3.3.3.3
     LS Seq Number: 0x80000001
     Checksum: 0x66F7
     Length: 44
      Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
      Metric: 20
      Prefix: 2004:4:1::/96
      Prefix Options: 0 (-|-|-|-)
      External Route Tag: 0
```

- 检查Switch C的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
```

```
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
R     2004:4:1::/96 [120/2]
        via fe80::ee66:91ff:fe45:db00, eth-0-9, 00:03:43
C     2004:4:100::/96
        via ::, eth-0-9, 00:07:01
C     2004:4:100::1/128
        via ::1, eth-0-9, 00:07:01
O     2004:12:9::/96 [110/2]
        via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-13, 00:29:57
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-17, 00:29:57
O     2004:13:13::/96 [110/1]
        via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-13, 00:30:12
C     2004:23:17::/96
        via ::, eth-0-17, 00:30:26
C     2004:23:17::2/128
        via ::1, eth-0-17, 00:30:26
C     fe80::/10
        via ::, Null0, 00:30:28

Switch# show ipv6 ospf database external

    show ipv6 ospf database external
            OSPFv3 Router with ID (3.3.3.3) (Process 300)
              AS-external-LSA
```

```
LS age: 250
LS Type: AS-External-LSA
Link State ID: 0.0.0.1
Advertising Router: 3.3.3.3
LS Seq Number: 0x80000001
Checksum: 0x66F7
Length: 44
 Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
 Metric: 20
 Prefix: 2004:4:1::/96
 Prefix Options: 0 (-|-|-|-)
 External Route Tag: 0
```

- 检查Switch D的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route

   IPv6 Routing Table
   Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
       O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       Dr - DHCPV6 Relay
       [*] - [AD/Metric]
   Timers: Uptime
   C     2004:4:1::/96
       via ::, eth-0-1, 00:04:48
   C     2004:4:1::1/128
```

```
        via ::1, eth-0-1, 00:04:48
C       2004:4:100::/96
        via ::, eth-0-9, 00:06:59
C       2004:4:100::2/128
        via ::1, eth-0-9, 00:06:59
C       fe80::/10
        via ::, Null0, 00:07:00
```

14.3.7.5 配置 OSPFv3 接口的开销值

i. 介绍

用户可以通过修改接口的 COST 值来使路由成为最优路由。在下面的例子中，通过修改 COST 值可以使 Switch B 成为 Switch A 的下一跳。

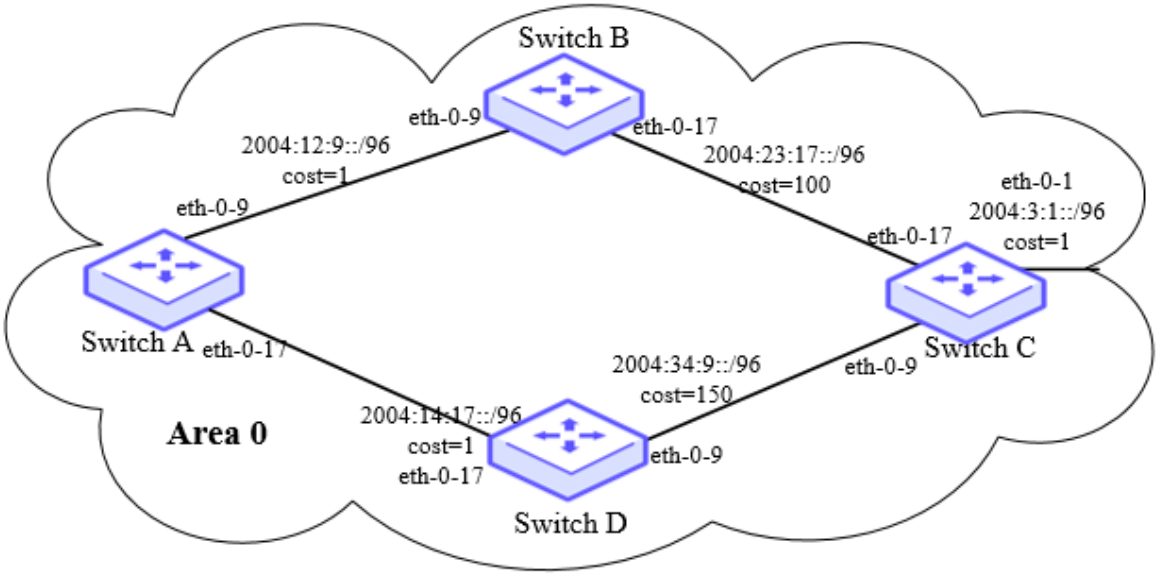
默认接口的 COST 值是 1 (1000M speed)。Switch B 的 eth-0-17 优先级 100，Switch D 的 eth-0-9 优先级 150，那么到达 Switch C 的网络 2004:3:1::/96 的 COST 值将发生变化：

Switch A -Switch B - Switch C: 1+1+100 = 102

Switch A -Switch D - Switch C: 1+1+150 = 152

ii. 拓扑

图 14-12 配置OSPFv3接口的开销值



iii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 100	创建 OSPFv3 进程号 100
Switch(config-router)# router-id 1.1.1.1	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:14:17::1/96	设置端口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 100 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 100、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 200	创建 OSPFv3 进程号 200

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# router-id 2.2.2.2	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:12:9::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)#no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)#no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:23:17::1/96	设置端口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 200 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 200、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# ipv6 ospf cost 100	配置 OSPFv3 接口的开销值

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch C:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 300	创建 OSPFv3 进程号 300
Switch(config-router)# router-id 3.3.3.3	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:23:17::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:34:9::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:3:1::1/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 300 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

Switch D:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# router ipv6 ospf 400	创建 OSPFv3 进程号 400

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# router-id 4.4.4.4	指定 Router ID
Switch(config-router)# exit	退出 OSPFv3 配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:34:9::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# ipv6 ospf cost 150	配置 OSPFv3 接口的开销值
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-17	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	使能三层接口属性
Switch(config-if)# no shutdown	端口 UP
Switch(config-if)# ipv6 address 2004:14:17::2/96	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 router ospf 400 area 0 instance 0	将该端口加入到 OSPFv3 process 300、area 0、instance 0 中
Switch(config-if)# end	退出至特权模式

iv. 命令验证

使用命令 **show ipv6 ospf route** 验证以上配置。

- 检查Switch A的配置结果：

```
Switch# show ipv6 ospf route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    O    2004:3:1::/96 [110/102]
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-9, 00:08:06
    C    2004:12:9::/96
        via ::, eth-0-9, 01:15:43
    C    2004:12:9::1/128
        via ::1, eth-0-9, 01:15:43
    C    2004:14:17::/96
        via ::, eth-0-17, 00:18:38
    C    2004:14:17::1/128
        via ::1, eth-0-17, 00:18:38
    O    2004:23:17::/96 [110/101]
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-9, 00:08:06
    O    2004:34:9::/96 [110/102]
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-9, 00:03:56
```

```
C    fe80::/10
     via ::, Null0, 01:15:44
```

- 检查Switch B的配置结果:

```
Switch# show ipv6 ospf route

IPv6 Routing Table
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
    O - OSPF, IA - OSPF inter area
    N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
    Dr - DHCPV6 Relay
    [*] - [AD/Metric]
Timers: Uptime
O    2004:3:1::/96 [110/101]
     via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-17, 00:08:33
C    2004:12:9::/96
     via ::, eth-0-9, 01:12:40
C    2004:12:9::2/128
     via ::1, eth-0-9, 01:12:40
O    2004:14:17::/96 [110/2]
     via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-9, 00:18:43
C    2004:23:17::/96
     via ::, eth-0-17, 01:12:40
C    2004:23:17::1/128
     via ::1, eth-0-17, 01:12:40
O    2004:34:9::/96 [110/101]
```

```
        via fe80::c629:f2ff:fe02:3600, eth-0-17, 00:04:23
C       fe80::/10
        via ::, Null0, 01:12:42
```

- 检查Switch C的配置结果:

```
Switch# show ipv6 ospf route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
    C     2004:3:1::/96
        via ::, eth-0-1, 00:13:54
    C     2004:3:1::1/128
        via ::1, eth-0-1, 00:13:54
    O     2004:12:9::/96 [110/2]
        via fe80::bc22:aeff:fe64:aa00, eth-0-17, 00:19:47
    O     2004:14:17::/96 [110/2]
        via fe80::ee66:91ff:fe45:db00, eth-0-9, 00:02:27
    C     2004:23:17::/96
        via ::, eth-0-17, 01:09:02
    C     2004:23:17::2/128
        via ::1, eth-0-17, 01:09:02
```

```
C    2004:34:9::/96
     via ::, eth-0-9, 00:04:52
C    2004:34:9::1/128
     via ::1, eth-0-9, 00:04:52
C    fe80::/10
     via ::, Null0, 01:09:04
```

- 检查Switch D的配置结果：

```
Switch# show ipv6 route

    IPv6 Routing Table
    Codes: C - connected, S - static, R - RIP, I - IS-IS, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        Dr - DHCPV6 Relay
        [*] - [AD/Metric]
    Timers: Uptime
O    2004:3:1::/96 [110/103]
     via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-17, 00:02:35
O    2004:12:9::/96 [110/2]
     via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-17, 00:02:35
C    2004:14:17::/96
     via ::, eth-0-17, 00:04:09
C    2004:14:17::2/128
     via ::1, eth-0-17, 00:04:09
O    2004:23:17::/96 [110/102]
```

```
        via fe80::b242:55ff:fe05:ff00, eth-0-17, 00:02:35
C       2004:34:9::/96
        via ::, eth-0-9, 00:06:06
C       2004:34:9::2/128
        via ::1, eth-0-9, 00:06:06
C       fe80::/10
        via ::, Null0, 00:44:59
```

14.4 IPv6 地址前缀列表配置

14.4.1 简介

地址前缀列表是路由策略的一种，作用比较灵活。一个地址前缀列表由前缀列表名标识。每个前缀列表可以包含多个表项，每个表项可以独立指定一个网络前缀形式的匹配范围，并用一个索引号来标识，索引号指明了进行匹配检查的顺序。在匹配的过程中，交换机按升序依次检查由索引号标识的各个表项。只要有某一表项满足条件，就意味着本次匹配过程结束，而不再进行下一个表项的匹配。

14.4.2 配置 IPv6 地址前缀列表

14.4.2.1 创建地址前缀列表

地址前缀列表用于 IPv6 地址过滤。同一个地址前缀列表可包含多个表项，一个表项包括地址和掩码位数。命令中的 **deny** 和 **permit** 关键字指定该匹配结果是拒绝或者允许。此时，多个表项之间是“或”的关系，即通过一个表项就可通过该地址前缀列表的过滤。没有通过任何一个表项的过滤就意味着没有通过该地址前缀列表的过滤。

地址前缀范围包括两个部分，分别由 mask-length 和[greater-equal-value,less-equal-value]决定。如果指定了这两部分，要被过滤的 IPv6 地址必须匹配这两部分规定的前缀范围。具体的匹配公式如下：

ipv6-address/mask-length < ge ge-length < le le-length <= 128

例如，只指定 ge-length，则匹配范围为[ge-length,128]；只指定 le-length，则匹配范围为[ipv6-address/mask-length,le-length]；如果两者都指定，则匹配范围为[ge-length, le-length]。

如果在输入命令中没有指定序号，则交换机会自动为表项添加默认序号。默认序号从 5 开始，并且每次递增 5，例如，5、10、15。默认序号将从当前大于已分配的序号中选择，并且是其中的最小值。

表 14-34 创建地址前缀列表

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 prefix-list *prefix-list-name* [**seq** *sequence-number*] { **deny** | **permit** } { **any** | *ipv6-*	创建地址前缀列表	prefix-list-name: 地址前缀列表名称； sequence-number: 地址前缀列

命令	操作	说明
address/mask-length } [**ge** *ge-length* | **le** *le-length*]		表表项序号，取值范围 1~65535； ipv6-address/mask-length: 网络地址和掩码位数。掩码位数的取值范围为 0~128 ge-length: 指定地址匹配的最小前缀长度 le-length: 指定地址匹配的最大前缀长度 缺省情况下，未创建地址前缀列表

14.4.2.2 添加地址前缀列表描述

如果该地址前缀列表不存在，交换机将会自动创建。

表 14-35 添加地址前缀列表描述

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 prefix-list *prefix-list-name* **description** *description-info*	添加地址前缀列表描述信息	prefix-list-name: 地址前缀列表名称； description-info: 地址前缀列表描述，取值范围为 0～80； 缺省情况下，未添加地址前缀列表描述信息

14.4.2.3 启用地址前缀列表序号

表 14-36 启用地址前缀列表序号

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 prefix-list sequence-number	配置地址前缀列表显示序号	缺省情况下，地址前缀列表默认使用序号

14.4.3 显示与维护

14.4.3.1 查看地址前缀列表信息

表 14-37 查看地址前缀列表信息

命令	操作	说明
show ipv6 prefix-list [**summary** | **detail**] [*prefix-list-name*]	显示地址前缀列表的配置信息	如选择了关键字 summary 或 detail，可以显示前缀列表的统计摘要或详细统计信息
show ipv6 prefix-list *prefix-list-name* [**seq** *sequence-number* | *ipv6-address/mask-length* [**longer** | **first-match**]]		prefix-list-name: 地址前缀列表名称; sequence-number: 地址前缀列表表项序号，取值范围 1~65535; ip-address/mask-length: 网络地址/掩码位数 e.g., 2001:db8::/32 longer: 只显示掩码位数大于 mask-length 的表项;

命令	操作	说明
		first-match: 只显示第一个匹配的表项

14.4.3.2 清除地址前缀列表信息

表 14-38 清除地址前缀列表信息

命令	操作	说明
clear ipv6 prefix-list [*prefix-list-name*] [*ipv6-address/mask-length*]	清除地址前缀列表的配置信息	prefix-list-name: 地址前缀列表名称; ipv6-address/mask-length: 网络地址/掩码位数 e.g., 2001:db8::/32

14.4.4 配置举例

14.4.4.1 配置 IPv6 Prefix-List 基本功能

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 prefix-list test seq 1 deny 2001:db8::1/32 le 48	创建地址前缀列表 test，并创建一条表项，指定序号为 1
Switch(config)# ipv6 prefix-list test permit any	创建一个表项：防止不匹配条目出现时遭到拒绝

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ipv6 prefix-list test description this ipv6 prefix list is for test	添加地址前缀列表描述
Switch(config)# ipv6 prefix-list test permit 2001:abc::1/32 le 48	创建一条表项，使用默认序号
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

ii. 命令验证

显示 IPv6 地址前缀列表的详细信息：

```
Switch# show ipv6 prefix-list detail

    Prefix-list list number: 1
    Prefix-list entry number: 3
    Prefix-list with the last deletion/insertion: test
    ipv6 prefix-list test:
      Description: this ipv6 prefix list is for test
      count: 3, range entries: 0, sequences: 1 - 10
       seq 1 deny 2001:db8::1/32 le 48 (hit count: 0, refcount: 0)
       seq 5 permit any (hit count: 0, refcount: 0)
       seq 10 permit 2001:abc::1/32 le 48 (hit count: 0, refcount: 0)
```

14.4.4.2 配置 IPv6 Prefix-list 与 RIPng 的简单应用

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ipv6 prefix-list aa seq 11 deny 2001:db8::1/32 le 48	创建地址前缀列表 aa，并创建一条表项
Switch(config)# ipv6 prefix-list aa permit any	创建一个表项：防止不匹配条目出现时遭到拒绝
Switch(config)# router ipv6 rip	进入 RIPng 路由配置模式
Switch(config-router)# distribute-list prefix aa out	应用策略
Switch(config-router)# end	退出至特权模式

ii. 命令验证

显示 IPv6 地址前缀列表的配置信息：

```
Switch# show ipv6 prefix-list

    ipv6 prefix-list aa: 2 entries
      seq 11 deny 1:db8::1/32 le 48
      seq 15 permit any

Switch# show running-config

    Building configuration...
    …
    ipv6 prefix-list aa seq 11 deny 1:db8::1/32 le 48
    ipv6 prefix-list aa seq 15 permit any
    …
    router ipv6 rip
```

```
distribute-list prefix aa out
```

14.5 Route-map 配置

14.5.1 简介

路由策略（Routing Policy）是为了改变网络流量所经过的途径而修改路由信息的技术，主要通过改变路由属性（包括可达性）来实现。

路由器在发布与接收路由信息时，可能需要实施一些策略，以便对路由信息进行过滤，例如只接收或发布满足一定条件的路由信息。一种路由协议可能需要引入其它的路由协议发现的路由信息，路由器在引入其它路由协议的路由信息时，可能只需要引入一部分满足条件的路由信息，并控制所引入的路由信息的某些属性，以使其满足本协议的要求。

为实现路由策略，首先要定义将要实施路由策略的路由信息的特征，即定义一组匹配规则，又称为 match 语句。如果匹配条件，就会执行 set 指定的相关动作。这个动作不是必要的，可以使用路由信息中的不同属性作为匹配依据进行设置，如目的地址、发布路由信息的路由器地址等。匹配规则可以预先设置好，然后再将它们应用于路由的发布、接收和引入等过程的路由策略中。

14.5.2 配置 Route-map

14.5.2.1 创建 Route-map

表 14-39 创建 Route-map

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 Route-map 并进入 Route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535

14.5.2.2 配置 match 语句

如果指定了一个 permit 的 match 规则，路由将会被像 set 规则指定的那样进行重发布或者进行控制。相反，如果制定了相应的 deny 规则，满足条件的路由将不会被重发布或者控制。如果没有匹配到任何规则的话，路由将不会被接收或者转发。

被策略指定的路由不能和路由协议指定的路由相同，指定的策略让报文能够按照他们的长度及内容通过不同的路由进行转发。相对于路由表指定的路径来说，报文将会优先以配置的策略来进行转发。

1. 通过ACL或者IPv6地址前缀列表匹配路由

表 14-40 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首

命令	操作	说明
[*sequence-number*]		字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match ipv6 address *ipv6-acl-name*	指定匹配一个 IPv6 ACL 的规则	ipv6-acl-name: 指定 IPV6 ACL 名；缺省情况下，未配置该规则
match ipv6 next-hop *ipv6-acl-name*	指定匹配一个下一跳的 IPv6 地址	
match ipv6 address prefix-list *list-name*	匹配一个 IPv6 前缀列表条目	list-name: IPv6 前缀列表名；缺省情况下，未配置该规则
match ipv6 next-hop prefix-list *list-name*	匹配下一跳的 IPv6 前缀列表条目	

2. 配置通过度量值匹配路由

表 14-41 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9';

命令	操作	说明
		sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match metric *metric-value*	指定度量值匹配路由	metric-value: 度量值，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

3. 配置BGP协议中生效的匹配条件

表 14-42 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符,并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match as-path *list-name*	指定自治系统匹配的路径	list-name: 指定自治系统路径的 ACL 名；缺省情况下，未配置该规则
match community *community-list-name*	指定匹配的团体属性(Community)号	community-list-name: Community 列表名；缺省情况下，未配置该规则
match interface *if-name*	指定接口的匹配规则	if-name: 接口名；缺省情况下，未

命令	操作	说明
		配置该规则
match local-preference *preference-level*	指定本地优先级的匹配规则	preference-level: 本地优先级，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则
match origin { **egp** | **igp** | **incomplete** }	匹配 BGP 路由的起始(origin)属性	egp：表明这一条路由的起始信息是从外部网关协议(EGP)中学习到的；igp:表示起始路径信息是通过内部网关协议(IGP)学习到的。 incomplete: 这个路由的原始路径是通过不清楚或者其他别的方式来学习到的。比如，一个静态路由被重发布到 BGP 时，那它的原始路由就是不完整的； 缺省情况下，未配置该规则

4. 配置基于路由信息的匹配条件

表 14-43 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-

命令	操作	说明
		'9'; sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
match route-type external { **type-1** | **type-2** }	根据路由信息匹配指定的外部路由类型	自治系统外部 LSA 即类型 1 或者类型 2。外部类型 1 值匹配类型 1 的外部路由，外部类型 2 只匹配类型 2 的外部路由；缺省情况下，未配置该规则
match tag *tag-value*	根据路由信息匹配指定的 tag	tag-value: 取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

14.5.2.3 配置 set 动作

1. 配置BGP路由属性

表 14-44 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'; sequence-number: route-map 的

命令	操作	说明
		序列号，取值范围为 1~65535
set ipv6 aggregator as *as-number ipv6-address*	配置 route-map 和 router ID 的 AS 号	自治系统(AS)是一个网络管理机构控制下的路由器和网络群组。它们被不同的区域所分离，被指派了一个独特的 16 位的号码； as-number: 指定集合的 AS 号；缺省情况下，未配置该规则 ipv6-address: 指定集合的 IPv6 地址
set as-path prepend *as-number* [*as-number*]	修改自治系统(AS)的路径	通过指定 AS-Path 的长度，路由器可以影响路径的最佳路径选择。在这个命令中使用 prepend 参数，来在已有的 AS-Path 中，再追加一个指定的 AS-Path。缺省情况下，未配置该规则
set comm-list { *std-list-num* | *ext-list-num* | *list-name* } **delete**	删除匹配条件的团体属性	std-list-num: 标准 community 列表号； ext-list-num: 扩展 community 列表号； list-name: community 列表名； 缺省情况下，未配置该规则

命令	操作	说明
set community [*aa:nn* | **internet** | **local-AS** | **no-advertise** | **no-export**]	配置团体属性	aa: AS 号； nn: 指定的 community 号； 缺省情况下，未配置该规则
set extcommunity { **rt** | **soo** } *ext-comm-number* [*ext-comm-number*]	配置扩展团体属性	ext-comm-number: 数字或 IP 地址形式的 AS 号；缺省情况下，未配置该规则
set local-preference *preference-level*	配置本地优先级属性	preference-level: 本地优先级，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则
set origin { **egp** | **igp** | **incomplete** }	配置 BGP 路由的 Origin 属性	缺省情况下，未配置该规则

2. 配置路由的度量值属性

表 14-45 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535

命令	操作	说明
set metric *metric-value*	配置一条路由的 metric 值，以及一个关于 AS 的首选路径影响的外部邻居	metric-value: 度量值，取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

3. 配置路由信息的下一跳地址

表 14-46 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set ipv6 next-hop [**local**] *ipv6-address*	配置指定的 IPv6 下一跳地址	ipv6-address: 下一跳的 IPv6 地址；缺省情况下，未配置该规则

4. 配置目的路由协议的metric类型

表 14-47 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set metric-type { **type1** | **type2** }	配置目的路由协议的 metric 类型	缺省情况下，未配置该规则

5. 配置路由信息的tag值

表 14-48 功能配置与参数说明

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
route-map *map-tag* [**permit** | **deny**] [*sequence-number*]	创建一个 route-map 并进入 route-map 配置模式	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'； sequence-number: route-map 的序列号，取值范围为 1~65535
set tag *tag-value*	配置路由信息的 tag 值	tag-value: 取值范围为 0~4294967295；缺省情况下，未配置该规则

14.5.3 显示与维护

表 14-49 显示与维护

命令	操作	说明
show route-map [*map-tag*]	显示 Route-map 配置信息	map-tag: route-map 名称，长度不得超过 20 个字符，并且它的首字母必须是'a'-'z', 'A'-'Z'或者'0'-'9'

14.5.4 配置 Route-map 简单应用

14.5.4.1 配置步骤

配置将 IPv6 前缀列表应用至 Route Map 中：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 prefix-list ripng_pre_1 seq 11 permit fe80::a8f0:d8ff:fe7d:c501/128	创建地址前缀列表 ripng_pre_1，并创建一条表项
Switch(config)# ipv6 prefix-list ripng_pre_1 permit any	创建一个表项：防止不匹配条目出现时遭到拒绝
Switch(config)# route-map ripng_rmap permit	创建 Route Map
Switch(config-route-map)# match ipv6 address prefix-list ripng_pre_1	匹配 IPv6 地址前缀列表 ripng_rmap

命令举例	操作步骤
Switch(config-route-map)# set local-preference 200	配置本地优先级
Switch(config-route-map)# exit	退出路由配置模式
Switch(config)# router ipv6 rip	进入 RIPng 路由模式
Switch(config-router)# redistribute static route-map ripng_rmap	配置重发布静态路由
Switch(config-router)# end	退出 RIPng 路由模式

14.5.4.2 命令验证

- 显示Route-map配置信息：

```
Switch # show route-map

    route-map ripng_rmap, permit, sequence 10
     Match clauses:
      ipv6 next-hop prefix-list ripng_pre_1
     Set clauses:
      ipv6 next-hop local fe80::1
```

- 显示设备当前的配置信息：

```
Switch # show running-config

    Building configuration...
    …
    ipv6 prefix-list ripng_pre_1 seq 11 permit fe80::a8f0:d8ff:fe7d:c501/128
```

```
ipv6 prefix-list ripng_pre_1 seq 15 permit any
!
!
route-map ripng_rmap permit 10
 match ipv6 next-hop prefix-list ripng_pre_1
 set ipv6 next-hop local fe80::1
!
router ipv6 rip
 redistribute static route-map ripng_rmap
!
ipv6 route 2001:dbc::/64 fe80::a8f0:d8ff:fe7d:c501 eth-0-9
!
```

- 显示RIPng域的信息：

```
Switch# show ipv6 rip database
S  2001:dbc::/64          fe80::1             eth-0-9  1   0
```

14.6 BGP4+配置

14.6.1 简介

边界网关协议（Border Gateway Protocol，缩写：BGP）是运行于 TCP 上的一种内部自治系统路由协议。BGP 通告系统的主要功能是在不同的自治系统（AS）来交换网络上的可达信息，在 AS 之间实现路由信息的交互。这些信息能有效地避免路由环路，以及在这个 AS 级别

上实施强制性的策略。

按照运行方式的不同，BGP 可以分为 IBGP（Internal/Interior BGP）和 EBGP（External/Exterior BGP）两类，它们的定义分别为：

- IBGP：在一个自治系统内的两个或多个对等体之间运行的 BGP，即在相同的 AS 内建立 BGP 连接，完成同一 AS 内路由信息的传递。
- EBGP：在不同的自治系统的对等体之间运行的 BGP，即在不同 AS 之间建立的 BGP 连接，完成不同 AS 之间路由信息的交换。

BGP-4 是 BGP 的第四版，提供了一组新的机制支持无类域内路由（CIDR）[RFC1518, RFC1519]。这些机制包括发布一组 IP 前缀的目的地址以及消除 BGP 中“类”的概念。BGP-4 也引入了一些支持路由聚合（包括 AS 路径的聚合）的机制。

14.6.2 配置 BGP 的基本功能

14.6.2.1 启动 BGP 进程

表 14-50 启动 BGP 进程

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# end	退出路由模式	-

14.6.2.2 创建 BGP 路由器 ID

表 14-51 创建 BGP Router ID

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp router-id 1.1.2.3	创建 BGP 的路由器标识	router-id: 点分十进制



说明

如果配置了环回接口，route-id 将会设置为环回接口的地址，否则，最高的 IP 地址将会设置为 router-id。

14.6.2.3 配置 BGP 对等体

BGP 对等体也称为 BGP 邻居，指定 BGP 邻居后才能建立的内部或者外部的 BGP（IBGP 或者 EBGP）的 TCP 会话。

表 14-52 配置 BGP 对等体

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 2000::1 remote-as 678	指定 BGP4+邻居	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址

14.6.2.4 创建对等体组

配置该命令可以更新各种策略，使用 **neighbor** 命令来简单的配置对等体组。任何对对等体组的修改会对所有的成员产生影响。创建对等体组后，用户可根据实际情况增加一个邻居。

表 14-53 创建对等体组

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor group2 peer-group	创建对等体组	group2: 对等体组名
Switch(config-router)# neighbor 2000::1 peer-group group2	将邻居 2000::1 加入对等体组 group2	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址

14.6.2.5 配置重分布路由

可引入的源路由协议，包括 OSPF 路由、BGP 路由，还有静态路由和直连路由。可以通过该命令配置重分布的度量值、路由映射等。

表 14-54 配置重分布路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP	默认不使能重发布，度量值的默认值为 1

说明

在路由模式下，可以进入不同的地址族配置模式：

- 使用 **address-family ipv6** [**unicast**] 命令，进入 IPv6 地址族配置模式;
- 使用 **address-family vpnv6** [**unicast**] 命令，进入 VPNv6 地址族配置模式;

退出该模式使用相应的 **exit** 或者 **exit-address-family** 命令。

14.6.3 配置 RR 与 BGP 联盟 ID

14.6.3.1 配置路由反射器 (RR)

路由反射器 (RR) 可以解决 AS 中的 IBGP 对等体爆炸式增长的问题。通过 RR，在 AS 中 IBGP 对等体的数量会减少。使用 **neighbor route-reflector-client** 命令，来配置指定邻居作为 client 以及本地路由作为 RR。

表 14-55 配置路由反射器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# neighbor 2000::1 route-reflector-client	配置 BGP 路由反射器及其客户端 (client)	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址

缺省情况下，路由反射器使用自己的Route-id 作为集群 ID。但是为了增加冗余，一个集群可能会有多个 RR。当配置一个以上的 RR 时，执行 **bgp cluster-id** *cluster-id* 命令，配置路由反射器的集群ID；且当配置了 RR时，默认客户端之间的路由反射处于开启状态，用户也可执行 **no bgp client-to-client reflection** 关闭客户端之间的路由反射。

14.6.3.2 配置 BGP 联盟 ID

由于从 IBGP 邻居收到的路由无法转发给其它 IBGP 邻居，而从 EBGP 邻居接收的路由可以转发给任何邻居，包括 IBGP。因此，在拥有多个路由器的大型 AS 中，可以通过配置 BGP 联盟解决路由限制的问题。联盟将一个自治系统划分为若干个子自治系统，每个子自治系统内部的 IBGP 对等体建立全连接关系，子自治系统之间建立 EBGP 连接关系。配置联盟后，原 AS 号将作为每个路由器的联盟 ID。

表 14-56 配置 BGP 联盟 ID

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp confederation identifier 1	配置 BGP 的联盟 ID	BGP 联盟 ID 的取值范围为 1~65535

14.6.4 配置 BGP 路由选路

14.6.4.1 配置 BGP 的管理距离

管理距离标识了一个路由器的可靠性，这个值越高越不可靠。用户可以对外部、内部和本地的路由设置管理距离。外部路径是从 AS 外部邻居学习到的路由，内部路由是在同一个 AS 的另外一个路由器中学习到的路由；而本地路由则是本路由器从别的进程中通过重发布学习到的路由。如果修改了管理距离，路由表中会出现矛盾，并且阻塞路由。

表 14-57 配置 BGP 管理距离

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# distance bgp 10 10 10	配置 BGP 的管理距离	管理距离的取值范围为 1~255

14.6.4.2 配置下一跳属性

当 BGP 路由器通过 EBGP 获取路由，并且这些路由需要广播给一个 IBGP 邻居时，发送的下一跳信息并不改变。使用这个命令，BGP 路由器可以改变发送给 IBGP 对等体的下一跳信息，将下一跳信息设置为这个邻居进行通信的接口的 IP 地址。

表 14-58 配置下一跳属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 10.10.0.72 remote-as 100	指定 BGP 邻居	以 IP 地址格式来指定 BGP 邻居的地址
Switch(config-router)# neighbor	配置 BGP 设备向 IBGP 对	

命令举例	操作	说明
10.10.0.72 next-hop-self	等体（组）发布路由时，将下一跳地址设置为自身的 IP 地址	
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# neighbor 2000::1 next-hop-self	配置 BGP 设备向 IBGP 对等体（组）发布路由时，将下一跳地址设置为自身的 IPv6 地址	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址

根据实际组网情况，可以执行 **neighbor** *neighbor-id* **attribute-unchanged** { **as-path** | **next-hop** | **med** }命令，配置发布路由时不改变下一跳地址。

14.6.4.3 配置默认本地优先级

当存在通往同一个目的的多条路径时，可以配置优先级比较高的那条路径。这个优先级对本地 AS 的所有路由器和接入服务器有效。

表 14-59 配置默认本地优先级

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp default local-preference 2345555	修改默认的本地优先级	优先级的取值范围为 0~4294967295，

命令举例	操作	说明
		缺省情况下为 100

14.6.4.4 配置 MED 属性

使用这个命令来指定 Multi Exit Discriminator (MED) 的两个属性：confed 和 missing-as-worst。confed 属性使 MED 通过联盟对等体中学到的路径来进行比较。MED 仅在没有扩展的 AS 路径中比较，不在联盟 AS 路径中比较。如果存在一个扩展的 AS，MED 比较就不会进行。

missing-as-worst 属性则将丢失的 MED 作为路径中为无限大的值，将丢失了 MED 的路径作为最差的路径来考虑。如果没有使能 missing-as-worst，丢失的 MED 值是 0，由此这条路径就是 BGP 的最佳路径。

表 14-60 配置 MED 属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# bgp bestpath med missing-as-worst	将丢失的 MED 作为优先选择的对象	-

MED 只在相同的 AS 的路径中进行比较，在本地 AS 的路由器上使能 **bgp deterministic-med** 命令，可以获取一个比较结果。使用 **bgp always-compare-med** 命令能在不同的 AS 之间比较 MED。选择最佳路径以后才可以使用 MED 参数，拥有较低 MED 的路径会被优先使用。

14.6.4.5 配置 BGP 团体属性

BGP 团体（community）属性用于实现策略路由。这是个可选的属性，并且可以促进本地策略通过不同的 AS 来传输。可以配置有两种团体属性：扩展团体属性和标准团体属性。

表 14-61 配置 BGP 团体属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip community-list 20 permit 7675:80 7675:90	新增一个团体列表条目	以 AA:NN 格式来呈现： AA = AS 号； NN = 指定的 community 号

标准的团体列表被编译为二进制格式，并且直接和 BGP 更新的团体属性相比较。这个比较过程比扩展团体列表要快。任何不匹配标准团体属性的值都会自动被视为扩展团体值。

表 14-62 配置 BGP 标准团体属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip community-list standard CLIST permit 7675:80 7675:90 no-export	新增一个标准团体列表条目	以 AA:NN 格式来呈现： AA = AS 号； NN = 指定的 community 号

表 14-63 配置 BGP 扩展团体属性

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ip community-list expanded CLIST permit .*	新增一个扩展团体列表条目	指定使用常规表述来描述团体列表

14.6.5 控制 BGP 路由的发送和接收

14.6.5.1 配置 BGP 邻居路由的过滤

表 14-64 配置 BGP 邻居路由的过滤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router)# neighbor 2000::1 distribute-list mylist out	配置对发布的邻居路由进行过滤	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址。 in：表示过滤接收的宣告路由； out：表示过滤发布

命令举例	操作	说明
		的宣告路由

14.6.5.2 配置基于 AS 路径的过滤

表 14-65 配置基于 AS 路径的过滤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# neighbor 2000::1 filter-list listname out	创建 AS 路径的过滤器，对发布的路由进行过滤	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址。 in：表示过滤接收的宣告路由； out：表示过滤发布的宣告路由

14.6.5.3 配置基于前缀列表的过滤

这个命令用于过滤 BGP 宣告路由的前缀列表。如果没有匹配到任何前缀列表的条目，就会拒绝这个路由的访问。当多个前缀列表的条目满足条件时，就会选择最小序列号的条目进行匹

配。路由器从前缀列表的最上方（序号 1）开始搜索，一旦匹配 match 或者 deny，便不再继续往下搜索。

表 14-66 配置基于前缀列表的过滤

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# ipv6 prefix-list list1 deny 2010::/64	指定地址前缀列表的匹配模式为拒绝	掩码位数的取值范围为 0~32
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# neighbor 2000::1 prefix-list list1in	配置过滤接收的 BGP 宣告路由的前缀列表	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址。 in：表示过滤接收的宣告路由； out：表示过滤发布的宣告路由

14.6.6 配置 BGP 定时器

14.6.6.1 配置全局定时器

全局使用该命令可以设定 BGP 的存活时间（keepalive）和保持时间（holdtime）的值。

表 14-67 配置全局定时器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# timers bgp 40 120	全局设定 BGP keepalive 定时器和 holdtime 定时器的值	keepalive-time：信息被送往邻居的频率，取值范围为 0~65535，单位：秒；默认值为 60s； hold-time：当未接收到 keepalive 信息时，邻居会话中断的间隔时间。取值范围为 3~65535，单位：秒；默认值为 180s

14.6.6.2 配置邻居定时器

配置该命令可以设定 BGP 对等体（邻居）的定时器，即存活时间（keepalive）和保持时间（holdtime）的值。

表 14-68 配置邻居定时器

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# neighbor 2000::1 timers 60 120	设定 BGP4+ 对等体 keepalive 定时器和 holdtime 定时器的值	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址； keepalive-time：信息被送往邻居的间隔时间，取值范围为 0~65535，单位：秒；默认值为 60s； hold-time：当未接收到 keepalive 信息时，邻居会话中断的间隔时间。取值范围为 3~65535，单位：秒；默认值为 180s

14.6.7 配置 BGP 路由聚合

聚合用于将路由表的规模最小化。聚合通过一些特征，将不同的路由聚合起来，并宣告为一条路由。如果更确定的 BGP 路由在可选择的范围内，**aggregate-address** 命令在 BGP 路由表中创建了一个聚合条目。使用参数 summary-only 只宣告前缀，对所有邻居抑制更确定的路由。

表 14-69 配置 BGP 路由聚合

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-

命令举例	操作	说明
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族配置模式	-
Switch(config-router-af)# aggregate-address 2000::/64 as-set summary-only	配置过滤接收的 BGP 宣告路由的前缀列表	X:X::X:X/M 指定聚合的 IPv6 前缀；summary-only：在更新过程中过滤更多的指定路由

14.6.8 配置向 BGP 邻居发送缺省路由

每个路由器都应该有默认的路由，它用于向非本地 IP 路由表中的网络发送数据包。确保路由器有缺省路由的方法有两种。方法一：给所有路由器配置一个静态路由，确保每个路由器都有一个默认路由。方法二：创建一个默认路由，并把这个路由广播到 BGP 邻居中。

表 14-70 配置向 BGP 邻居发送缺省路由

命令举例	操作	说明
Switch# configure terminal	进入全局配置模式	-
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式	-
Switch(config)# router bgp 12	启动 BGP 路由进程	AS 号的取值范围为 1~4294967295
Switch(config-router)#	进入 IPv6 地址族配置模	-

命令举例	操作	说明
address-family ipv6	式	
Switch(config-router-af)# neighbor 2000::1 default-originate route-map myroute	配置向 BGP 邻居发送缺省路由	以 IPv6 地址格式来指定 BGP4+邻居的地址； myroute：路由映射名

14.6.9 显示与维护

表 14-71 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 bgp [*ipv6-address*] **show bgp ipv6** { **unicast** }[*ipv6-address*]	显示 BGP4+网络信息	ipv6-address: 指定 IPv6 地址
show ipv6 bgp community **show bgp ipv6** { **unicast** | **multicast** } **community** *type* [**exact-match**]	显示匹配团体的路由	type: AA:NN、local-AS、no-advertise、no-export
show ipv6 bgp filter-list *list-name* **show bgp ipv6{ unicast | multicast } filter-list** *list-name*	显示符合过滤列表的路由	list-name: 指定 ACL 名的常规表述
show ipv6 bgp neighbors **show bgp ipv6** { **unicast** | **multicast** } **neighbors** [*ipv6-address*	显示 TCP 和 BGP 邻居连接的详细信息	ip-address: 指定 IPv4 地址

命令	操作	说明
[**advertised-routes** | **received** | **received-routes** | **routes**]		
show ipv6 bgp prefix-list *list-name* **show bgp ipv6 { unicast | multicast } prefix-list** *list-name*	显示匹配 prefix-list 的路由	list-name: 指定 IP 前缀列表名
show ipv6 bgp summary **show bgp ipv6 { unicast | multicast } summary**	显示 BGP 邻居状态的汇总信息	-
clear bgp ipv6 * [in | out | soft]	重置所有对等体的 BGP 连接	*：清除所有的 BGP 对等体； in：清除接收的宣告路由； out：清除发布的宣告路由； soft：清除发布/接收的宣告路由
clear bgp ipv6 *ipv6-address* **[in | out | soft]**	通过指定的 IPv6 地址重置 IPv6 BGP 的连接	ipv6-address: 需要清除的 BGP4+路由的 IPv6 地址

14.6.10 配置举例

14.6.10.1 配置 EBGP

i. 基本拓扑

图 14-13 EBGP 基本拓扑图 1

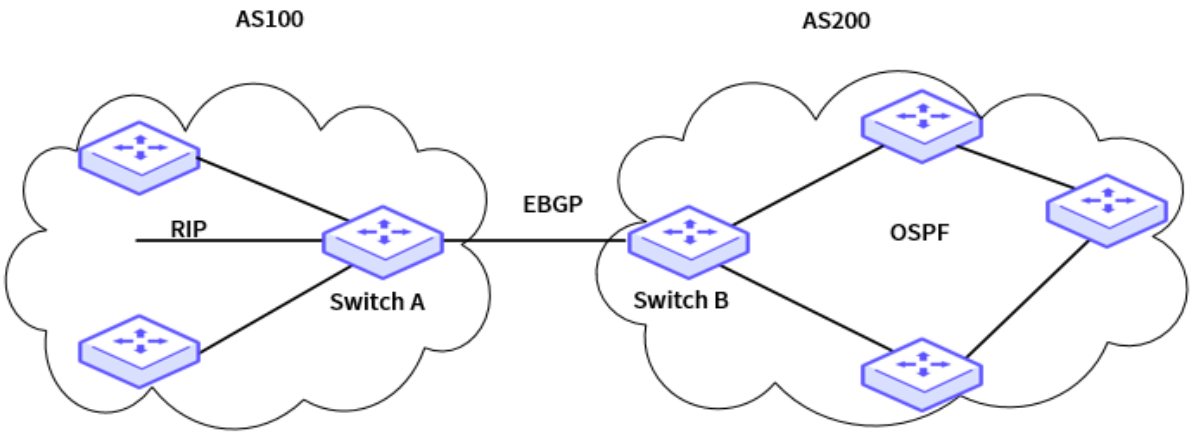
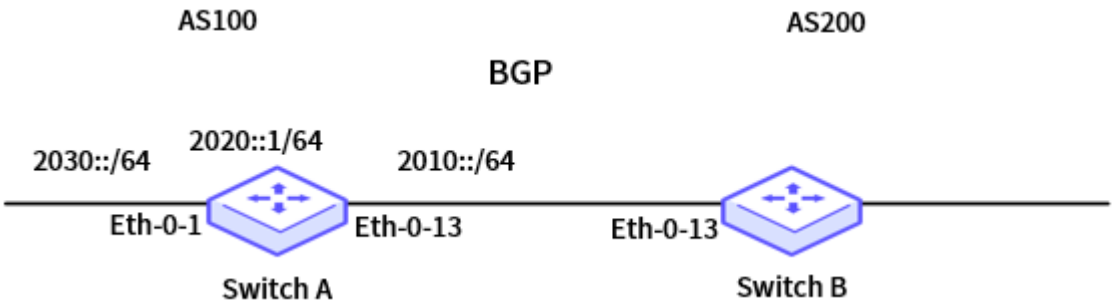


图 14-14 EBGP 基本拓扑图 2



ii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::1/64	配置 IPv6 地址为 2010::1/64
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if)# ipv6 address 2020::1/64	配置 IPv6 地址为 2020::1/64
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2030::/64 2020::2	增加一条静态路由
Switch(config)# router bgp 100	创建 BGP 100 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 10.10.10.10	配置 BGP router-id

命令举例	操作步骤
Switch(config-router)# neighbor 2010::2 remote-as 200	配置 EBGP 邻居号 200
Switch(config)# neighbor 2010::2 ebgp-multihop	配置邻居为 ebgp-multihop
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族
Switch(config-router-af)# network 2040::/64	指定 BGP 路由进程宣告的网络
Switch(config-router-af)# redistribute static	重分布静态路由到 BGP
Switch(config-router-af)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router-af)# exit	退出地址族模式
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if) # no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if) # ipv6 address 2010::2/64	配置 IPv6 地址为 2010::2/64
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router bgp 200	创建 BGP 200 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 11.11.11.11	配置 BGP router-id
Switch(config-router)# neighbor 2010::1 remote-as 100	配置 EBGP 邻居号 100
Switch(config)# neighbor 2010::1 ebgp-multihop	配置邻居为 ebgp-multihop
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 IPv6 地址族
Switch(config-router-af)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router-af)# exit	退出地址族模式
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

iii. 命令验证

- 查看 Switch A 的配置结果：

```
SwitchA# show ipv6 bgp neighbors
```

```
BGP neighbor is 2010::2, remote AS 200, local AS 100, external link
 BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
 BGP state = Active
 Last read 00:04:12, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
 Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Route refresh request: received 0, sent 0
 Minimum time between advertisement runs is 30 seconds
For address family: IPv6 Unicast
 BGP table version 1, neighbor version 0
 Index 1, Offset 0, Mask 0x2
 Community attribute sent to this neighbor (both)
 0 accepted prefixes
 0 announced prefixes


Connections established 0; dropped 0
Next connect timer due in 56 seconds
```

- 查看 Switch B 的配置结果：

```
SwitchB# show ipv6 bgp neighbors
BGP neighbor is 2010::1, remote AS 100, local AS 200, external link
 BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
 BGP state = Active
 Last read 00:02:30, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
 Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
```

```
Route refresh request: received 0, sent 0
Minimum time between advertisement runs is 30 seconds
For address family: IPv6 Unicast
BGP table version 1, neighbor version 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2
Community attribute sent to this neighbor (both)
0 accepted prefixes
0 announced prefixes
```

14.6.10.2 配置 IBGP

i. 基本拓扑

图 14-15 IBGP 基本拓扑图 1

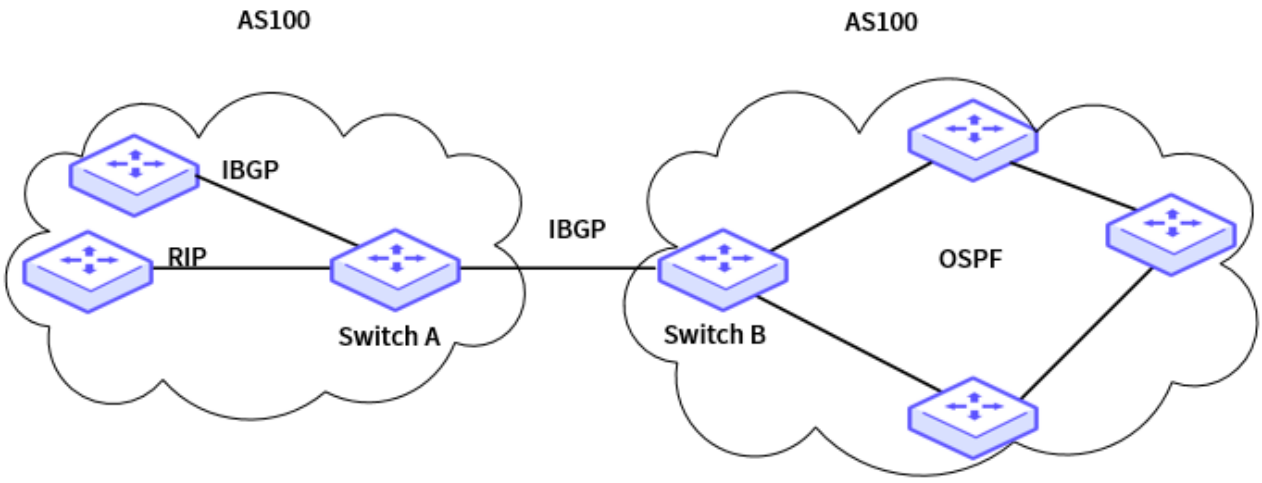
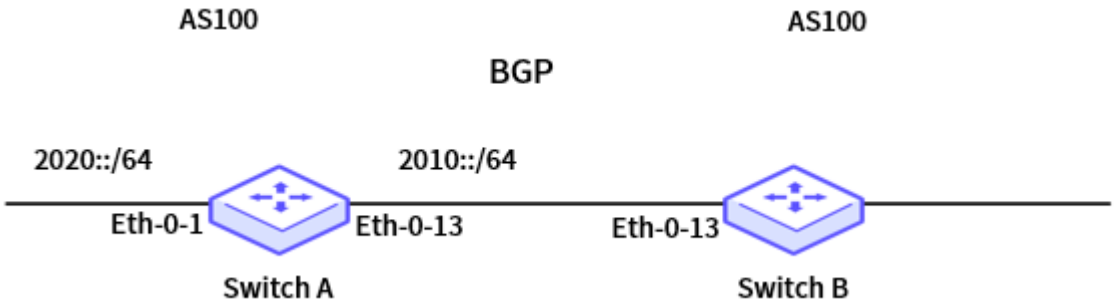


图 14-16 IBGP 基本拓扑图 2



ii. 配置步骤

Switch A:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 ipv6 模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if) # ipv6 address 2010::1/64	配置 IPv6 地址为 2010::1/64
Switch(config-if)# exit	退出接口模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if) # no switchport	将该端口转换为三层端口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if) # ipv6 address 2020::1/64	配置 IPv6 地址为 2020::1/64
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2030::/64 2020::2	增加一条静态路由
Switch(config)# router bgp 100	创建 BGP 100 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 10.10.10.10	配置 BGP router-id
Switch(config-router)# neighbor 2010::2 remote-as 100	配置 IBGP 邻居 AS 号 100
Switch(config-router)# address-family ipv6	进入 ipv6 地址族模式
Switch(config-router-af)# network 2040::/64	指定 BGP 路由进程宣告的网络
Switch(config-router-af)# redistribute static	重分布静态路由到 BGP
Switch(config-router-af)# redistribute connected	重分布直连路由到 BGP
Switch(config-router-af)# exit	退出地址族模式
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

Switch B:

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-13	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	将该端口转换为三层端口
Switch(config-if)# ipv6 address 2010::2/64	配置 IPv6 地址为 2010::2/64
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# router bgp 100	创建 BGP 100 并进入路由模式
Switch(config-router)# bgp router-id 11.11.11.11	配置 BGP router-id
Switch(config-router)# neighbor 2010::1 remote-as 100	配置 IBGP 邻居 AS 号 100
Switch(config-router)# exit	退出路由模式

iii. 命令验证

- 检查 Switch A 的配置结果：

```
SwitchA# show ipv6 bgp neighbors

  BGP neighbor is 2010::2, remote AS 100, local AS 100, internal link
   BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
   BGP state = Active
   Last read 00:01:07, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
   Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
```

```
Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
Route refresh request: received 0, sent 0
Minimum time between advertisement runs is 5 seconds
For address family: IPv6 Unicast
BGP table version 1, neighbor version 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2
Community attribute sent to this neighbor (both)
0 accepted prefixes
0 announced prefixes


Connections established 0; dropped 0
Next connect timer due in 46 seconds
```

- 检查 Switch B 的配置结果：

```
SwitchB# show ipv6 bgp neighbors
BGP neighbor is 2010::1, remote AS 100, local AS 100, internal link
 BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
 BGP state = Active
 Last read 00:00:42, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
 Received 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Sent 0 messages, 0 notifications, 0 in queue
 Route refresh request: received 0, sent 0
 Minimum time between advertisement runs is 5 seconds
For address family: IPv6 Unicast
 BGP table version 1, neighbor version 0
 Index 1, Offset 0, Mask 0x2
 Community attribute sent to this neighbor (both)
```

```
        0 accepted prefixes
        0 announced prefixes

      Connections established 0; dropped 0
Next connect timer due in 74 seconds
```

15 IPv6 业务配置指导

15.1 NDP 配置

15.1.1 简介

网络节点（主机和路由器）使用 NDP（Neighbor Discovery Protocol，邻居发现协议）来探测直连邻居的链路层地址。并且提供一种机制，快速验证一个已经缓存在表项中的邻居的有效性。主机还能使用 ND 来找到邻居的路由器。

NDP 主要提供了五种功能：地址解析、跟踪邻居状态、重复地址检测、路由器发现以及重定向等。网络节点之间利用该协议作为一种保活机制，定期探测邻居的有效性，探测邻居链路层地址的改变或邻居失效事件。

15.1.2 配置 NDP

15.1.2.1 配置静态邻居

用户可以通过手工配置静态邻居表项的方式，获取链路层地址。如果 IPv6 地址是一个链路本地地址，必须同时指定接口。

表 15-1 配置静态邻居

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 neighbor *ipv6-address mac-address* [*if-name*]	配置静态邻居表项	ipv6-address: IPv6 地址，格式为 X:X::X:X mac-address: MAC 地址，格式为 HHHH.HHHH.HHHH if-name: 接口名称

15.1.2.2 配置 IPv6 邻居发现参数

可根据实际情况，配置业务所需要的邻居发现参数（可选）。

表 15-2 配置 IPv6 邻居发现参数

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 nd ra hop-limit *hop-limit*	配置 RA 报文中的“Current hop limit”字段	hop-limit: 跳数限制，取值范围为 0~255
ipv6 nd ns-interval *NS-INTERVAL*	配置发送 NS 报文的时间间隔	NS-INTERVAL: NS 报文的间隔，取值范围为 1000~3600000，单位：毫秒。缺省值为 1000
ipv6 nd ra interval *max-interval* [*min-interval*]	配置发送 RA 报文的时间间隔	max-interval: 最大报文间隔，取值范围为 4~1800，单位：秒。缺省值为 600 秒 min-interval: 最小报文间隔，取值

命令	操作	说明
		范围为 3~1350。缺省值为最大报文间隔*0.33
ipv6 nd managed-config-flag	配置报文的“管理地址配置”标志位	缺省情况下，未设置“管理地址配置”标志位
ipv6 nd other-config-flag	配置报文的“其他有状态配置”标志位	缺省情况下，未设置“其他有状态配置”标志位
ipv6 nd reachable-time *REACHABLE-TIME*	配置邻居处于可达状态的时间	REACHABLE-TIME: 可达状态时间，取值范围为 0~3600000，单位：毫秒。配置“0”时表示使用默认值 30000
ipv6 nd ra lifetime *life-time*	配置 RA 报文的存活时间	life-time: 存活时间，取值范围为 0~9000，单位：秒
ipv6 nd dad attempts *dad-attempts*	配置重复地址探测（DAD）次数	dad-attempts: 探测次数，取值范围为 0~600。“0”表示不探测，默认值为 1

15.1.3 显示与维护

表 15-3 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 interface *if-name* **prefix**	显示指定接口上 RA 报文发布的前缀信息	if-name: 指定需要显示的接口名

命令	操作	说明
show ipv6 neighbors [**dynamic** | **static** | **interface** *if-name* | *ipv6-address* | **statistics**]	显示邻居表项信息	if-name: 指定需要显示的接口名 ipv6-address: IPv6 地址，格式为 X:X::X:X
clear ipv6 neighbors [**interface** *if-name*] **clear ipv6 neighbors** *ipv6-address* [*if-name*]	清除动态邻居表项	**interface** if-name: 清除指定接口的邻居表项 ipv6-address: 清除指定地址的邻居表项 if-name: 为链路本地地址指定出接口

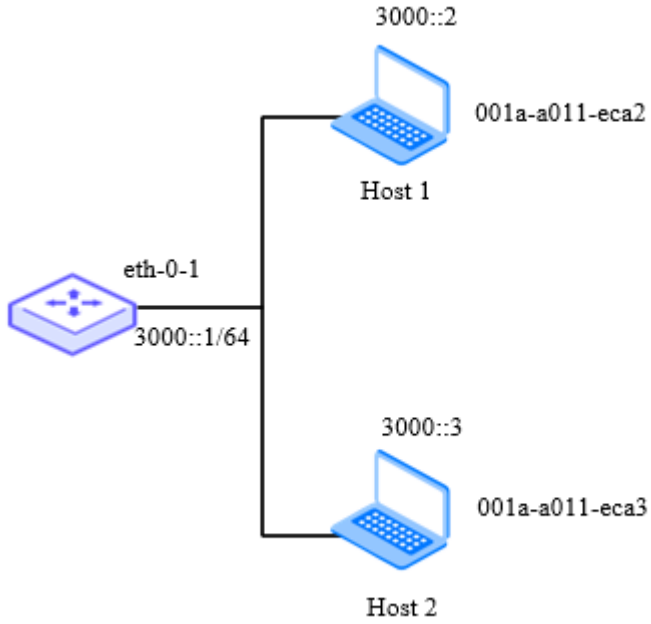
15.1.4 配置举例

15.1.4.1 介绍

在这个例子中，接口 eth-0-1 的地址是 3000::1/64。在 3000::/64 网段中有两台主机，地址分别是 3000::2 和 3000::2。MAC 地址分别是 001a-a011-eca2 和 001a-a011-eca3。其中 3000::2 配置了静态邻居，3000::3 通过动态协议学习。配置 eth-0-1 的老化时间为 10 分钟，NS 报文的发送间隔为 2 秒。

15.1.4.2 拓扑

图 15-1 NDP配置拓扑图



15.1.4.3 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch (config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch (config-if)# no switchport	将接口配置为 3 层路由口
Switch (config-if)# no shutdown	打开接口
Switch (config-if)# ipv6 address 3000::1/64	配置 IPv6 地址
Switch (config-if)# ipv6 nd reachable-time 600	配置邻居老化时间
Switch (config-if)# ipv6 nd ns-interval 2000	配置 NS 报文间隔

命令举例	操作步骤
Switch (config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch (config)# ipv6 neighbor 3000::2 001a.a011.eca2	配置静态邻居表项
Switch(config)# end	退出全局配置模式

15.1.4.4 命令验证

显示邻居表项信息：

```
Switch # show ipv6 neighbors
  IPv6 address                Age     Link-Layer Addr State Interface
  3000::2                     -       001a-a011-eca2  REACH eth-0-1
  3000::3                     6       001a-a011-eca3  REACH eth-0-1
  fe80::6d8:e8ff:fe4c:e700    6       001a-a011-eca3  STALE eth-0-1
```

15.2 DHCPv6 Relay 配置

15.2.1 简介

DHCPv6 服务器和客户端都在一个子网内，则客户端和服务器之间可以直接进行 DHCPv6 协议的交互，这时不需要启动 DHCPv6 中继功能。如果 DHCPv6 服务器和客户端不在一个子网内，则需要启动 DHCPv6 中继功能将 DHCPv6 报文转发到外部的 DHCPv6 服务器。

DHCPv6 中继转发同正常的 IPv6 路由转发不同，IPv6 路由转发的 IPv6 数据包在网络之间透明交换，而 DHCPv6 中继接收 DHCPv6 消息的同时，会产生一个新的 DHCPv6 消息发送到另一个接口。DHCPv6 中继在报文中设置中继地址，同时可以添加中继信息（Remote-id），转发到 DHCPv6 服务器端。

15.2.2 配置 DHCPv6 Relay

15.2.2.1 全局使能 DHCPv6 Relay

只有使用 **service dhcpv6 enable** 命令总开关使能 DHCPv6 服务后，DHCPv6 中继等 DHCPv6 功能才会生效。

表 15-4 全局使能 DHCPv6 Relay

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service dhcpv6 enable	使能 DHCPv6 中继代理总开关	缺省情况下，未使能 DHCPv6 中继代理总开关
dhcpv6 relay	启用 DHCPv6 中继服务	缺省情况下，未使能 DHCPv6 功能
dhcpv6 relay remote-id option	配置 DHCPv6 中继启用 remote-id 选项	缺省情况下，未启用 remote-id 选项
dhcpv6 relay pd route	启用中继通过 PD（前缀委派）学习路由	缺省情况下，中继不会学习路由

15.2.2.2 配置 DHCPv6 服务器组

可在全局配置模式或接口配置模式下添加服务器组。

1. 全局配置模式下添加DHCPv6服务器组

表 15-5 全局模式下添加 DHCPv6 服务器组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
dhcpv6-server *number ipv6-address* **interface** *if-name*	创建 DHCPv6 服务器组	缺省情况下，系统未设置任何 DHCPv6 服务器组

2. 接口配置模式下添加DHCPv6服务器组

表 15-6 接口模式下添加 DHCPv6 服务器组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
dhcpv6-server *number*	将接口添加到 DHCPv6 服务器组中	缺省情况下，接口没有添加任何 DHCPv6 服务器组

15.2.3 显示与维护

表 15-7 显示与维护

命令	操作	说明
show dhcpv6-server	查看 DHCPv6 服务器组的配置信息	-
show dhcpv6 relay interfaces	显示 DHCPv6 服务器组下的接口属性	-
show dhcpv6 relay pd client	显示 DHCPv6 中继通过 PD（前缀委派）学到的路由信息	-

命令	操作	说明
show dhcpv6 relay statistics	显示交换机中继的 DHCPv6 报文统计信息	-
clear dhcpv6 relay statistics	清除交换机中继的 DHCPv6 报文统计信息	-
clear dhcpv6 relay pd route [**prefix** *PREFIX*] [**interface** *if-name*] [*ipv6-address*]	清除交换机中继学习到的路由	PREFIX: DHCPv6 服务器分配给客户端的前缀 ipv6-address: DHCPv6 客户端的 IPv6 地址 if-name: 支持的端口名称

15.2.4 配置举例

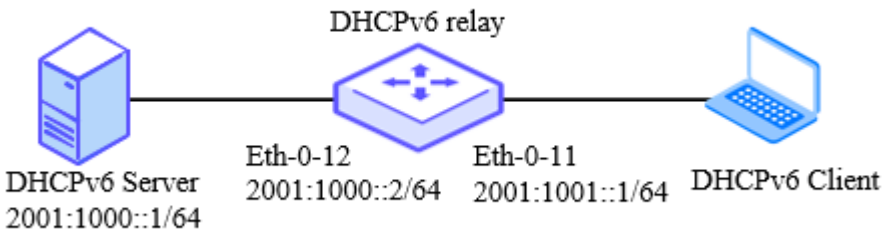
15.2.4.1 介绍

下图为测试 DHCPv6 中继代理功能的网络拓扑，需要两台 PC 机和一台交换机构建测试环境。

- 计算机 A 作为 DHCPv6 服务器
- 计算机 B 作为 DHCPv6 客户端
- 交换机作为 DHCPv6 中继

15.2.4.2 拓扑

图 15-2 DHCPv6中继拓扑图



15.2.4.3 配置步骤

1. 全局使能DHCPv6中继服务

命令举例	操作步骤
Switch(config)# service dhcpv6 enable	使能 DHCPv6 服务器
Switch(config)# dhcpv6 relay	使能 DHCPv6 Relay 功能
Switch(config)# dhcpv6 relay remote-id option	使能 DHCPv6 Remote-id 选项
Switch(config)# dhcpv6 relay pd route	使能 DHCPv6 前缀委派路由学习

2. 配置DHCPv6服务器组

命令举例	操作步骤
Switch(config)# dhcpv6-server 1 2001:1000::1	创建 DHCPv6 服务器组

3. 配置接口eth-0-12

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-12	进入接口配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	将接口设置三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:1000::2/64	设置 IPv6 地址
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

4. 配置接口eth-0-11

命令举例	操作步骤
Switch(config)# interface eth-0-11	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	将接口设置三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:1001::1/64	设置 IPv6 地址
Switch(config-if)# no shutdown	使能接口
Switch(config-if)# dhcpv6-server 1	设置 DHCPv6 服务器组
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式

15.2.4.4 命令验证

1. 检查接口配置：

```
Switch# show running-config interface eth-0-12
!
interface eth-0-12
 no switchport
 ipv6 address 2001:1000::1/64
```

```
!
Switch # show running-config interface eth-0-11
!
interface eth-0-11
 no switchport
 ipv6 address 2001:1001::1/64
 dhcpv6-server 1
!
```

2. 检查DHCPv6服务器状态：

```
Switch# show services
Networking services configuration:
Service Name       Status
============================================================
dhcp               disable
dhcpv6             enable
```

3. 检查DHCPv6服务器组配置：

```
Switch# show dhcpv6-server
DHCPv6 server group information:
============================================================
group 1 ipv6 address list:
[1] 2001:1000::1
```

4. 显示DHCPv6中继统计信息：

```
Switch# show dhcpv6 relay statistics
DHCPv6 relay packet statistics:
```

```
============================================================
Client relayed packets : 8
Server relayed packets : 8
Client error packets  : 0
Server error packets  : 0
```

5. 显示DHCPv6中继通过PD（前缀委派）学到的路由信息：

```
Switch# show dhcpv6 relay pd client
DHCPv6 prefix-delegation client information:
============================================================
Interface  : eth-0-11
Client DUID  : 000100011804ff38c2428f04970
Client IPv6 address  : fe80::beac:d8ff:fedf:c600
  IA ID  : d8dfc60
    IA Prefix :  2002:2:9:eebe::/64
      prefered/max lifetime : 280/300
      expired time :  2001-1-1 09:10:58
============================================================
```

16 IPv6 组播配置指导

16.1 IPv6 组播路由配置

16.1.1 简介

随着网络的不断发展，网络数据、语音、视频信息等多种交互业务与日俱增。另外，新兴的电子商务、网上会议、网上拍卖、视频点播、远程教学等对带宽和实时数据交互要求较高的服务逐渐兴起，这些服务对信息安全性、可计费性、网络带宽提出了更高的要求。

当网络中需要某信息的用户量不确定时，单播和广播方式的效率会很低，IPv6 组播技术的出现改变了这一现状。当网络中的某些用户需要特定信息时，组播信息发送者（即组播源）仅发送一次信息，借助组播路由协议为组播数据包建立树型路由，被传递的信息在距离用户端尽可能近的节点才开始复制和分发。

通过组播路由协议，多个接收者能跨越不同网络接收到组播数据。

- MLD (Multicast Listener Discovery，组播侦听发现协议) 是 IPv6 协议族中负责 IPv6 组播成员管理的协议。它用来在 IPv6 主机和与其直接相邻的组播路由器之间建立、维护组播组成员关系。
- PIMv6 (Protocol Independent Multicast，协议无关组播)，用于 IPv6 组播路由器或多层交换机之间。为 IPv6 组播提供路由的单播路由协议可以是静态路由、RIPng、OSPFv3 等，组播路由和单播路由协议无关，只要单播路由协议能产生路由表项即可。借助 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）机制，PIMv6 实现了在网络中传递组播信息。为了描述上的方便，由支持 PIMv6 协议的组播路由器所组成的网络称为 PIMv6 组播域。PIMv6 有两种模式：密集模式和稀疏模式，目前仅支持稀疏模式。

16.1.2 配置 IPv6 组播路由

16.1.2.1 使能 IPv6 组播路由

表 16-1 使能 IPv6 组播路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 multicast-routing	启用交换机的组播路由功能	缺省情况下，IPv6 组播路由功能处于开启状态

16.1.2.2 配置 IPv6 组播路由的最大数目

当 IPv6 组播路由的最大数目超过阈值时，会生成警告消息，该阈值应小于组播路由的最大数量。

表 16-2 配置 IPv6 组播路由的最大数目

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 multicast route-limit *route-number* [*threshold-number*]	配置 IPv6 组播路由的最大数目	IPv6 组播路由最大数目的取值范围为 1~2048；缺省情况下，最大数目为 2048。默认阈值应与组播路由的最大数量相同

16.1.2.3 配置 IPv6 组播静态路由

表 16-3 配置 IPv6 组播静态路由

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mroute-rpf *source-address/mask-length* [**static** | **ripng** | **ospfv3**] *rpf-nbr-address* [*distance*]	配置 IPv6 组播静态路由	source-address: 组播源地址 mask-length: 掩码长度 rpf-nbr-address: RPF 邻居的 IPv6 地址 distance: 路由优先级，取值范围为 1~255

16.1.3 显示与维护

表 16-4 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 mroute [**sparse**] [**count** | **summary**] **show ipv6 mroute** *ipv6-address* [**sparse**] [**count** | **summary**]	显示组播路由表信息	sparse: 查看稀疏模式的组播路由 count: 查看路由和数据包的统计情况 summary: 查看组播路由的总体情况 ipv6-address: 查看 IPv6 源地址或者 IPv6 组播地址的路由
show ipv6 mroute route-limit	查看路由数目的最大值	-
show ipv6 mif [*if-name*]	查看 IPv6 组播的接口信息	if-name: 接口名称

命令	操作	说明
show ipv6 multicast groups count	查看 IPv6 组播组数目	-
show ipv6 mroute-rpf *source-address*	查看组播路由的反向路径查询	source-address: IPv6 组播源地址
show resource mcast6	查看 IPv6 组播路由资源使用情况	-

16.1.4 配置举例

16.1.4.1 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 multicast route-limit 1000	配置最大组播限制条目

16.1.4.2 命令验证

查看 IPv6 组播路由表：

```
Switch# show ipv6 mroute 2001:1::1234

    IPv6 Multicast Routing Table
    Flags: I - Immediate Stat, T - Timed Stat, F - Forwarder installed
    Timers: Uptime/Stat Expiry
    Interface State: Interface
    2001:1::1234, ff0e::1234:5678
```

```
uptime 00:00:31, stat expires 00:03:08
Owner PIM-SMv6, Flags: TF
 Incoming interface: eth-0-1
 Outgoing interface list:
  Register
  eth-0-2
2001:1::1234, ff0e::6666:6666
uptime 00:00:00, stat expires 00:03:30
Owner PIM-SMv6, Flags: TF
 Incoming interface: eth-0-1
 Outgoing interface list:
  Register
```

16.2 MLD 配置

16.2.1 简介

MLD（Multicast Listener Discovery，组播侦听者发现协议）负责 IPv6 组播成员的管理，建立、维护 IPv6 成员主机与其相邻路由器之间的组播组成员关系。参与 IPv6 组播的主机、路由器、多层交换机必须具备 MLD 功能。该协议定义了查询器和主机角色：

- 网络设备的查询器发送查询消息给网络中特定组来发现组播中的成员。
- 主机发送 MLD 报告报文（响应查询报文）来通知查询者主机要加入相应的组播组列表中。
- 一个组播组的成员是动态的，主机可以随时加入和离开。一个组播组成员在位置或数量上没有限制。

16.2.1.1 MLD 版本

MLD 目前有 MLDv1 和 MLDv2 两种版本。这两个版本均可适用于任意信源组播（ASM），MLDv2 可以直接应用于指定信源组播（SSM）。而 MLDv1 需要通过 MLD SSM Mapping 功能才可以应用于 SSM。

MLDv1：与 IGMPv2 的工作机制相同，通过查询和相应机制管理 IPv6 组播组成员；

MLDv2：在 MLDv1 的基础上增加一些功能，主要功能为成员主机可以指定接收或不接收来自某组播源的报文；

16.2.1.2 MLD 报文特性

MLD 报文使用下面的组播地址：

- MLD 普通组查询以 ff02::1 为目的地址（在一个子网中的所有系统）。
- MLD 特定组的查询以特定组 IPv6 地址为目的查询。
- MLD 组成员发送 Report 报文给特定的组播 IPv6 地址。
- MLD 版本 1 (MLDv1) 离开组播组时，发送离开消息给 ff02::2。

16.2.1.3 参考协议

MLD 的版本是基于以下 RFC 定义：

- RFC 2710（定义 MLDv1）
- RFC 3810（定义 MLDv2）

16.2.2 使能 MLD 功能

MLD 的使能是依赖于组播路由协议的使能，当接口上使能 PIMv6 或者其他组播路由协议，MLD 将会在接口上自动启用，反之亦然。但是请注意，MLD 在工作之前，IPv6 组播路由必须在全局模式启用。系统支持动态学习 MLD 组记录，也可以配置静态 MLD 组记录。

表 16-5 使能 MLD 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 multicast-routing	启用交换机的 IPv6 组播路由功能	缺省情况下，IPv6 组播路由功能处于开启状态
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
ipv6 address *ipv6-address/mask-length*	设置 IPv6 地址	ipv6-address: IPv6 地址 mask-length: 掩码长度
ipv6 pim sparse-mode	接口上启用 PIMv6-SM 协议	缺省情况下，未使能 PIMv6-SM 协议

16.2.3 配置 MLD 基本功能

16.2.3.1 配置 MLD 版本

表 16-6 配置 MLD 版本

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 mld version *number*	配置端口使用的 MLD 协议的版本	number: 端口所使用的 MLD 协议版本，取值范围为 1~2； 缺省情况下，端口使用 MLDv1 版本

16.2.3.2 配置静态组播(源)组

表 16-7 配置静态组播（源）组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 mld static-group *group-address* [**source** *source-address*]	配置端口上的静态组播组或静态组播源组	group-address: 组播地址 source-address: 组播源地址

16.2.3.3 配置过滤组播组

使用 IPv6 访问控制列表来控制 MLD 报文的学习，对加入组播组的主机或可以加入的组播组进行限制。

表 16-8 配置过滤组播组

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 mld access-group *acl-list*	配置组播组的过滤	acl-list: 访问控制列表名称

16.2.4 配置 MLD 接口参数

16.2.4.1 配置 MLD 查询与响应

表 16-9 配置 MLD 查询与响应

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 mld robustness-variable *value*	配置 MLD 查询器的健壮系数	value: MLD 报文的健壮程度，取值范围是 2~7，默认值为 2
ipv6 mld query-interval *interval*	配置端口发送查询报文的时间间隔	interval: 该时间间隔的取值范围为 2~18000，单位：秒；默认值为 125 秒
ipv6 mld last-member-query-interval *interval*	配置 MLD 最后组成员的查询间隔	interval: 该时间间隔的取值范围为 1000~25500，单位：毫秒；默认值为 1000 毫秒
ipv6 mld last-member-query-count *count*	配置 MLD 的最后组成员的查询计数	count: 特定组查询报文的数目，取值范围为 2~7；默认值为 2
ipv6 mld query-max-response-time *interval*	配置 MLD 查询报文的最大响应时间	interval: 最大响应时间的取值范围为 1~25，单位：秒；默认值为 10 秒

16.2.4.2 配置组播组成员快速离开功能

根据访问控制列表，可配置组播组成员快速离开的功能，快速响应主机的离开组报文。

表 16-10 配置组播组成员快速离开功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 mld immediate-leave group-list *acl-list*	配置组播组成员快速离开的功能	acl-list: 访问控制列表名称

16.2.5 配置 MLD SSM Mapping

16.2.5.1 使能 MLD SSM Mapping 功能

表 16-11 使能 MLD SSM Mapping 功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld ssm-map enable	全局开启 MLD SSM Mapping 功能	缺省情况下，MLD SSM Mapping 功能处于关闭状态

16.2.5.2 配置 MLD SSM Mapping 规则

表 16-12 配置 MLD SSM Mapping 规则

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld ssm-map enable	全局开启 MLD SSM Mapping 功能	缺省情况下，MLD SSM Mapping 功能处于关闭状态
ipv6 mld ssm-map static *acl-list source-address*	配置 MLD SSM Mapping 的规则	acl-list: 访问控制列表名称 source-address: 组播源地址 缺省情况下，未配置 MLD SSM

命令	操作	说明
		Mapping 规则

16.2.6 配置加入 IPv6 组播组的最大数目

16.2.6.1 全局配置 IPv6 组播组的最大数目

表 16-13 全局配置 IPv6 组播组的最大数目

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld limit *number* **except** *acl-list*	全局配置模式下，配置加入 IPv6 组播组的最大数目	number: 全局可加入的组播组的最大个数，默认值为 4096 acl-list: 访问控制列表名称

16.2.6.2 接口上配置 IPv6 组播组的最大数目

表 16-14 接口配置 IPv6 组播组的最大数目

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
ipv6 mld limit *number* **except** *acl-list*	接口配置模式下，配置加入 IPv6 组播组的最大数目	number: 全局可加入的组播组的最大个数，默认值为 4096 acl-list: 访问控制列表名称

16.2.7 配置 MLD 代理

表 16-15 配置 MLD 代理

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no switchport	配置接口为三层接口	-
ipv6 pim sparse-mode	接口上启用 PIMv6-SM 协议	缺省情况下，未使能 PIMv6-SM 协议
ipv6 mld proxy-service	启用端口的 MLD 代理服务	缺省情况下，MLD 代理服务处于关闭状态
ipv6 mld mroute-proxy *if-name*	配置本端口 MLD 代理的上行端口	if-name: 上行端口名称。一个端口只能设置一个上行代理端口。多次设置时，会覆盖前面的配置

16.2.8 显示与维护

表 16-16 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 mld groups [*group-address*] [**detail**]	显示 IPv6 组播组信息	group-address: 指定 IPv6 组播组地址 if-name: 接口名称 *: 所有组播组信息
show ipv6 mld groups *if-name* [*group-address*] [**detail**]	显示端口的 IPv6 组播组信息	
show ipv6 mld groups *if-name* **count**	显示 IPv6 组播组的数量	

命令	操作	说明
show ipv6 mld interface *if-name*	查看 IPv6 组播组端口的信息	
clear ipv6 mld [* | **group** *group-address*]	清除动态学习的 IPv6 组播组信息	
clear ipv6 mld [**group** *group-address* | **interface** *if-name*]	清除指定端口上动态学习的 IPv6 组播组信息	

16.2.9 配置举例

16.2.9.1 配置步骤

1.启用 MLD 功能示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 multicast-routing	全局模式下启用 IPv6 组播路由
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口 Eth-0-1
Switch(config-if)# no switchport	配置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	接口上启用 PIMv6-SM

2. 配置 MLD 接口参数示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ipv6 mld version 2	配置 MLD 版本
Switch(config-if)# ipv6 mld query-interval 120	配置 MLD 查询时间间隔
Switch(config-if)# ipv6 mld query-max-response-time 12	配置 MLD 查询最大响应时间
Switch(config-if)# ipv6 mld robustness-variable 3	配置 MLD 查询器的健壮系数
Switch(config-if)# ipv6 mld last-member-query-count 3	配置 MLD 最后组成员查询计数
Switch(config-if)# ipv6 mld last-member-query-interval 2000	配置 MLD 最后组成员查询间隔

3. 配置最大 MLD 组播组数目

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 mld limit 2000	配置全局最大 MLD 组播组数目
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ipv6 mld limit 1000	配置接口下最大 MLD 组播组数目

4. 配置静态 MLD 组播组示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ipv6 mld static-group ff0e::1234	配置静态 MLD 组播组

5. 配置 MLD 代理示例

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# ipv6 mld proxy-service	启用接口为 MLD 代理上游口
Switch(config)# interface eth-0-2	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# ipv6 mld mroute-proxy eth-0-1	设置 eth-0-2 为 MLD 代理下游口，MLD 代理上游口为 eth-0-1

16.2.9.2 命令验证

- 显示MLD接口信息：

```
Switch# show ipv6 mld interface
Interface eth-0-1 (Index 1)
```

```
MLD Active, Querier, Version 1 (default)
Internet address is fe80::8c8e:dbff:feef:1900
MLD interface has 0 group-record states
MLD activity: 0 joins, 0 leaves
MLD query interval is 125 seconds
MLD querier timeout is 255 seconds
MLD max query response time is 10 seconds
Last member query response interval is 1000 milliseconds
Group Membership interval is 260 seconds
Interface eth-0-9 (Index 9)
MLD Active, Querier, Version 1 (default)
Internet address is fe80::8c8e:dbff:feef:1900
MLD interface has 0 group-record states
MLD activity: 0 joins, 0 leaves
MLD query interval is 125 seconds
MLD querier timeout is 255 seconds
MLD max query response time is 10 seconds
Last member query response interval is 1000 milliseconds
Group Membership interval is 260 seconds
```

- 显示MLD组播组信息：

```
Switch# show ipv6 mld groups
MLD Connected Group Membership
Group Address                Interface       Expires
ff0e::1234:5678              eth-0-2         00:03:01
```

16.3 PIMv6 配置

16.3.1 简介

发送组播报文时，接收者可能存在于网络中的任意位置。如果静态配置组播路由，可能导致灵活性不足、时效性差等问题。为了更高效、准确地转发组播报文，需要运行组播路由协议。PIMv6 即 IPv6 PIM（IPv6 Protocol Independent Multicast，IPv6 协议无关组播），用于组播路由器或多层交换机中，为 IPv6 组播提供路由的单播路由协议，IPv6 组播路由和单播路由协议无关，只要 IPv6 单播路由协议能产生 IPv6 组播路由表项即可。借助 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）机制，PIMv6 实现了在网络中传递组播信息。

PIMv6 有两种模式：PIMv6-SM（稀疏模式）和 PIMv6-DM（密集模式）。密集模式主要应用于组成员密集的局域网中，而稀疏模式适用于大型网络。

16.3.1.1 PIMv6-SM 简介

PIMv6-SM（协议无关组播稀疏模式）是一个组播路由协议，用来将稀疏分散的组播设备联系起来协同工作。这样有助于分散的网络节点节约带宽，通过发送单一流量到多个接收者，达到降低网络流量的目的。

PIMv6-SM 使用接收者发起成员的 IPv6 组播模型，支持共享和最短路径树，并使用软状态机制，以适应不断变化的网络条件。它依赖于单播路由协议来建立和维护路由器间的组播路由。

1. 术语解释

以下是 PIMv6-SM 协议概念的简要描述：

- **汇聚点 (RP)**：RP（Rendezvous Point）在 SM 模式中作为组播的汇聚点，发送者和接收者在 RP 处进行汇聚。对于所有的组播路由器，需要明确每一个组播组与 RP 的对应关系。所有的组播数据需要在 RP 上注册，然后所有需要组播数据的接收者通过向 RP 发送 Join 报文来请求数据。

- **组播路由信息库 (MRIB)**：组播路由表是从单播路由表的获得的。在 PIMv6-SM 中，MRIB 是用来决定向何处发送加入/剪枝消息。它还提供了目的网络的路由度量。发送和处理的 Assert 消息时将使用这些度量。
- **反向路径转发 (RPF)**：反向路径转发是指路由器在接收数据包从源 A 通过接口 IF1 时，只有 IF1 是到达源 A 的出接口时才会接收这个包。反向路径转发通过使用单播路由表来决定入端口是否正确。这个数据包将被转发是由于单播路由表表明了接口 IF1 是到达源 A 的最短路径。单播路由表为组播数据选择最短路径。
- **组播树状态信息库 (TIB)**：组播树状态信息库是组播路由器上保存所有组播转发树信息的信息库，通过收到 PIMv6 加入/剪枝消息、Assert 消息和 MLD 消息建立起来。
- **上游 (Upstream)**：朝向树根，树根可能是源或 RP。
- **下游 (Downstream)**：远离树根，树根可能是源或 RP。
- **基于源的树**：基于源的树的转发路径是到达源的最短转发路径，如果单播路由以跳数为度量，基于源的树的转发路径的跳数最小；如果单播路由以延迟为度量，基于源的树的转发路径的延迟最小。

  每个组播源都有一个对应的组播转发树直接将源和接收者连接起来。所有发往指定组的流量沿着对应的转发树进行转发。
- **共享树**：共享树依赖于汇聚点(RP)，所有流量从源都发文至汇聚点，然后汇聚点再将流量发送给接收者。对于每一个组播组来说，不管有多少个源，只有一个转发树。共享树是单向的，流量只会从 RP 流向接收者。如果一个源要发送组播数据，首先 RP 要成功接收发送的组播数据，然后才能从 RP 发送到接收者。
- **自举路由器 (BSR)**：当一个组播源开始发送组播数据或者一个接收者开始发送加入信息到 RP 时，组播路由器必须获取汇聚点的信息。在 PIMv6-SM 网络启动自举路由器后，负责收集网络内的 RP 信息，为每个组选举出 RP，然后将 RP 集（即组-RP 映射数据库）发布到整个 PIMv6-SM 网络。

- **数据流从源到接收者发送 Hello 消息**:PIMv6 路由器定期地发送 Hello 消息来发现 PIMv6 路由器邻居。Hello 消息是组播报文，使用 224.0.0.13 这个地址。PIMv6 路由器对 Hello 消息进行响应，Hello 消息中的 Hold 时间来决定信息的有效时间。
- **选举指定路由器**：在一个多路访问的网络中如果有多个组播路由器，只能有一个组播路由器被选为指定路由器，负责为本地网络的组播接收者往 RP 发送加入/剪枝消息。
- **RP 发现**：PIMv6-SM 通过自举路由器来产生自举消息，然后发布 RP 信息给所有的组播路由器。组播路由器接收和保存自举消息，当 DR 从直连主机收到一个 MLD 报文或组播数据，DR 计算出该组播组的 RP，然后发送加入/剪枝到 RP 或者封装注册报文到 RP。在小型网络环境中可以静态指定 RP。
- **加入共享树**：要加入一个组播组，主机发送一个 MLD 消息给上游路由器，组播路由器向 RP 方向的上游的 PIMv6 邻居发送加入报文。当组播路由器接收到下游设备的加入请求后，检查本地的组播组是否存在。如果存在，说明加入消息被送到共享树，收到消息的接口就会加入至出接口列表；如果不存在，条目将被创建，收到的消息接口被加入到出接口中并再次向 RP 方向上游的 PIMv6 邻居发送加入报文。
- **组播源注册**：与组播源 S 直接相连的路由器接收到该组播报文后，就将该报文封装成 Register 注册报文，并以单播形式发送给对应的 RP。当 RP 接收到来自组播源 S 的注册消息后，一方面解封装注册消息并将组播信息沿着 RPT 树转发到接收者，另一方面朝组播源 S 逐跳发送（S，G）加入消息，从而让 RP 和组播源 S 之间的所有路由器上都生成了（S，G）表项，这些沿途经过的路由器就形成了 SPT 树的一个分支。SPT 源树以组播源 S 为根，以 RP 为目的。组播源 S 发出的组播信息沿着已经建立好的 SPT 树到达 RP，然后由 RP 将信息沿着 RPT 共享树进行转发。
- **发送注册停止消息**：当 RP 从组播源接收到注册报文后也收到未封装的组播报文，将发送注册停止消息给组播源一侧的 DR，当 DR 收到注册停止消息后将不再发送注册消息给 RP。
- **剪枝端口**：接收者侧的组播路由器向 RP 方向上游的 PIMv6 邻居发送剪枝报文，当上联组播路由器收到剪枝报文后，将收到剪枝报文的端口从转发端口中删除，当本路由器上没有其他接收者后会继续向 RP 方向上游的 PIMv6 邻居发送剪枝报文。

- **转发组播数据**：PIMv6-SM 路由器将组播数据发往那些已经明确表示加入组播组的接收者。组播路由器将进行 RPF 检查，只有检查通过的组播数据包才将通过出端口发送出去。

2．参考协议

与 PIMv6-SM 模块相关的协议规范为：

RFC 4601

16.3.1.2 PIMv6-DM 简介

PIMv6-DM（协议无关组播密集模式）是一个组播路由协议，用来将密集分布的组播设备联系起来协同工作。

设想当一个组播源开始发送组播流的时候，所有的下游系统都期望接收这个组播流。当组播流泛洪到整个网络时，PIMv6-DM 使用 RPF 来防止组播流的环路。如果某些网络区域没有该组播组的接收成员，PIMv6-DM 会把转发分支通过剪枝来删除掉。

剪枝状态有一个生命周期，当生命周期超时后，组播数据将再一次开始转发，每个(S,G)对应的组播组都有自己的剪枝状态。当某个组播组有新的接收者出现在已经被剪枝的区域里，路由器会通过向组播源发送”graft”消息将剪枝状态转换成转发路径。

1．参考协议

与 PIMv6-DM 模块相关的协议规范有：

RFC 3973

16.3.1.3 PIMv6-SSM 简介

PIMv6-SSM 是借助 PIMv6-SM 的部分技术和 MLDv2 来实现的，其建立组播转发树的过程与 PIMv6-SM 创建 SPT 树的过程相似，即接收者 DR 获取组播数据源的具体位置后，直接向组播数据源发送 Join 消息，将组播数据流发送到接收者。

PIMv6-SSM 可以与 PIMv6-SM 在组播路由器上一起工作。

16.3.2 配置 PIMv6-SM

16.3.2.1 使能 PIMv6-SM

表 16-17 使能 PIMv6-SM

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no shutdown	端口 UP	-
no switchport	配置接口为三层接口	-
ipv6 address *ipv6-address/mask-length*	设置 IPv6 地址	ipv6-address: IPv6 地址 mask-length: 掩码长度
ipv6 pim sparse-mode [**passive**]	接口上启用 PIMv6-SM 协议	缺省情况下，未使能 PIMv6-SM 协议。如选择 **passive** 关键字，工作在被动模式的端口不会发送 PIMv6 Hello 报文

16.3.2.2 配置 RP

1. 配置静态RP

表 16-18 配置静态 RP 地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 pim rp-address *address* [*acl-list* | **override**]	配置静态 RP 地址	address: RP 地址 acl-list: 访问控制列表

2. 配置动态RP

表 16-19 配置候选 RP

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 pim rp-candidate *if-name* [**priority** *priority-value* | **interval** *interval-value* | **group-list** *acl-list*]	配置候选 RP	if-name: 接口名称，此端口的 IPv6 地址会作为候选的 RP 在网络上被广播 priority-value: 候选 RP 的优先权，取值范围为 0~255 interval-value: 发送宣告报文的时间间隔，取值范围为 1~16383，单位：秒 acl-list: 访问控制列表，限制注册到此 RP 的组播组

16.3.2.3 配置 BSR

每个组播组需要有一个与之服务的 RP，这个 RP 作为基于组播组的分发树的根。为了组播数据能从发送者到达接收者，在一个组播域内的组播路由器需要使用同样的组播组-RP 的映射。为了选择指定组播组的 RP，组播路由器需要维护一系列的组播组-RP 的映射关系，这被称为 RP

集。BSR（自举路由器）的机制就是用来让在同一个组播域内的组播路由器能够学习到这个 RP 集。

表 16-20 配置 BSR

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 pim bsr-candidate *if-name* [*hash-mask* [*priority-value*]]	配置自举路由器	if-name: 接口名称 hash-mask: RP 选举时候 HASH 的掩码长度，取值范围为 0~32 priority-value: 候选 BSR 路由器的优先级，取值范围为 0~255。默认优先级为 64

16.3.2.4 配置 IPv6 组播源注册

配置下表的功能可以防止未经认证的用户注册到交换机，例如，可以通过访问控制列表配置注册报文的过滤规则，有利于更好地控制 IPv6 组播组，提高安全性。

表 16-21 配置 IPv6 组播源注册

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 pim accept-register list *acl-list*	根据访问控制列表限制 RP 可接收的 PIMv6 注册报文	acl-list: 访问控制列表；使用此功能后，如果一个未经认证的主机发送一个 PIMv6 注册报文给交换机，此交换机会立即发送一个 Stop 报文回去阻止其继续发送报文注册。此命令可以让网络

命令	操作	说明
		中众多 RP 进行负载分担，通过 ACL 的设置控制不同的组播组
ipv6 pim cisco-register-checksum [**group-list** *acl-list*]	配置 DR 发送注册报文时使用 CISCO Register Checksum	acl-list: 访问控制列表；缺省情况下，使用 RFC 规定的 Register Checksum，如果配置了访问控制列表，只有通过验证的报文才能以 CISCO Register Checksum 的方式发送
ipv6 pim register-rate-limit *limit*	配置 DR 发往 RP 的 PIMv6 注册报文的最大速度	limit: 取值范围为 1~65535；缺省情况下，DR 发往 RP 的 PIMv6 注册报文的速度不受限制。如果设定了此项，则超过此速度的 PIMv6 注册报文在 RP 处会被丢弃
ipv6 pim register-suppression *time*	配置 DR 停止发送 PIMv6 注册报文的时间间隔	time: 抑制时间间隔的取值范围为 11~18000，单位：秒，默认值为 60 秒

16.3.2.5 配置禁止 SPT 切换

表 16-22 配置禁止 SPT 切换

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 pim spt-switch-threshold infinity [**group-list** *acl-list*]	配置无法切换至 SPT	acl-list: 访问控制列表；缺省情况下，DR 收到第一个组播流后立即切换为最短路径树

16.3.3 使能 PIMv6-DM

PIMv6-DM 和 PIMv6-SM 模式在同一个端口上是互斥的。因此，一次只能选择一种模式进行配置。

表 16-23 使能 PIMv6-DM

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 enable	使能 IPv6	缺省情况下，未使能 IPv6
interface *if-name*	进入接口配置模式	if-name: 接口名称
no shutdown	端口 UP	-
no switchport	配置接口为三层接口	-
ipv6 address *ipv6-address/mask-length*	设置 IPv6 地址	ipv6-address: IPv6 地址 mask-length: 掩码长度
ipv6 pim dense-mode [**passive**]	接口上启用 PIMv6-DM 协议	缺省情况下，未使能 PIMv6-DM 协议。如选择 **passive** 关键字，工作在被动模式的端口不会发送 PIMv6 Hello 报文

16.3.4 使能 PIMv6-SSM

表 16-24 使能 PIMv6-SSM

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 pim ssm [**default** | **range** *list*]	使能 PIMv6-SSM	default: 使用默认的 SSM 组播组范围 list: 使用访问控制列表中的组播组范围作为 SSM IPv6 组播组范围。缺省情况下，未使能 PIMv6-SSM

16.3.5 显示与维护

表 16-25 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 pim sparse-mode bsr-router	查看自举路由器信息	-
show ipv6 pim sparse-mode interface [**detail**]	查看稀疏模式下的端口信息	-
show ipv6 pim sparse-mode local-member [*if-name*]	查看稀疏模式下的本地成员信息	if-name: 接口名称

命令	操作	说明
show ipv6 pim sparse-mode mroute [*source-address* | *group-address*] [**detail**]	查看稀疏模式下的 IPv6 组播路由	source-address: IPv6 组播路由源地址 group-address: IPv6 组播路由目的地址
show ipv6 pim sparse-mode neighbor	查看稀疏模式下的邻居信息	-
show ipv6 pim sparse-mode rp mapping	查看 IPv6 组播组与 RP 的对应关系	-
show ipv6 pim sparse-mode rp-hash *group-address*	查看指定 IPv6 组播组的 RP 信息	group-address: IPv6 组播组地址
show ipv6 pim sparse-mode spt-threshold	查看从共享树切换为最短路径树的阈值	-
show ipv6 pim dense-mode interface [**detail**]	查看 PIMv6-DM 的接口信息	-
show ipv6 pim dense-mode mroute	查看 PIMv6-DM 的组播路由表	-
show ipv6 pim dense-mode neighbor [**detail**]	查看 PIMv6-DM 的邻居	-

16.3.6 配置举例

16.3.6.1 配置 PIMv6-SM 示例

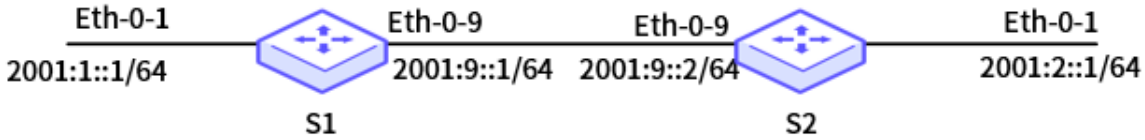
1.配置静态 RP

i. 介绍

PIMv6-SM 是一个软状态协议。通过静态或动态的方法在所需的接口上启用 PIMv6-SM 协议，并正确配置的 RP 信息。所有组播组的 MLD 报告/离开和 PIMv6 加入/剪枝消息保持动态。目前，只支持一个 RP 上所有的组播组（ff00::/8）。

ii. 拓扑

图 16-1 PIMv6-SM配置拓扑图



iii. 配置步骤

以上例子中 S1 是 RP，所有的路由器都配置静态 RP：

- 每个路由器配置静态 RP 地址 2001:1::1。
- 所有接口上必须启用 PIMv6-SM 功能。

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:9::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2001:2::/64 2001:9::2	配置静态单播路由
Switch(config)# ipv6 pim rp-address 2001:1::1	配置静态 RP 地址

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:9::2/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2001:1::/64 2001:9::1	配置静态单播路由
Switch(config)# ipv6 pim rp-address 2001:1::1	配置静态 RP 地址

iv. 命令验证

所有的路由器配置使用相同的 RP 地址 2001:1::1，使用以下命令来验证 RP 的配置、接口的详细信息和组播路由表。

- 在S1上显示PIMv6稀疏模式RP映射的命令，表明2001:1::1是对所有组播组ff00::/8静态配置的RP。所有其他路由器都会有类似的输出：

```
S1# show ipv6 pim sparse-mode rp mapping

    PIM Group-to-RP Mappings
    Group(s): ff00::/8, Static
```

```
    RP: 2001:1::1
      Uptime: 00:00:04
  Embedded RP Groups:
```

- 显示S1接口的组播信息：

```
S1# show ipv6 pim sparse-mode interface

  Interface   VIFindex Ver/   Nbr    DR
                       Mode   Count  Prior
  eth-0-1     2       v2/S   0      1
    Address      : fe80::fc94:efff:fe96:2600
    Global Address: 2001:1::1
    DR           : this system
  eth-0-9     0       v2/S   0      1
    Address      : fe80::fc94:efff:fe96:2600
    Global Address: 2001:9::1
    DR           : this system
```

- 显示PIMv6-SM的组播路由表：

```
S1# show ipv6 pim sparse-mode mroute detail

  IPv6 Multicast Routing Table
  (*,*,RP) Entries: 0
  (*,G) Entries: 1
  (S,G) Entries: 0
  (S,G,rpt) Entries: 0
  FCR Entries: 0
  *, ff0e::1234:5678
```

```
Type: (*,G)
Uptime: 00:01:37
 RP: 2001:1::1, RPF nbr: None, RPF idx: None
 Upstream:
  State: JOINED, SPT Switch: Enabled, JT: off
  Macro state: Join Desired,
 Downstream:
  eth-0-1:
   State: NO INFO, ET: off, PPT: off
   Assert State: NO INFO, AT: off
    Winner: ::, Metric: 4294967295, Pref: 4294967295, RPT bit: on
   Macro state: Could Assert, Assert Track
 Local Olist:
  eth-0-1

S2# show ipv6 pim sparse-mode mroute detail

 IPv6 Multicast Routing Table
 (*,*,RP) Entries: 0
 (*,G) Entries: 1
 (S,G) Entries: 0
 (S,G,rpt) Entries: 0
 FCR Entries: 0
 *, ff0e::1234:5678
 Type: (*,G)
 Uptime: 00:00:06
  RP: 2001:1::1, RPF nbr: None, RPF idx: None
  Upstream:
   State: JOINED, SPT Switch: Enabled, JT: off
```

```
Macro state: Join Desired,
Downstream:
eth-0-1:
  State: NO INFO, ET: off, PPT: off
  Assert State: NO INFO, AT: off
   Winner: ::, Metric: 4294967295, Pref: 4294967295, RPT bit: on
  Macro state: Could Assert, Assert Track
Local Olist:
eth-0-1
```

2.配置动态 RP

i. 介绍

在小型并且简单的网络中，组播信息量少，全网络仅依靠一个 RP 进行信息转发即可，此时可以在 SM 域中各路由器上静态指定 RP 位置。但是，通常情况下，PIMv6-SM 网络规模都比较大，通过 RP 转发的组播信息量也较多。为了缓解 RP 负担的同时优化共享树的拓扑结构，不同组播组应对应不同的 RP，此时就需要自举机制来动态选举 RP。

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64	配置 IPv6 地址

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:9::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2001:1::/64 2001:9::1	配置静态单播路由
Switch(config)# ipv6 pim rp-candidate eth-0-1	配置候选 RP 接口

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM

命令举例	操作步骤
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	打开接口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:9::2/64	配置 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim sparse-mode	在接口上启用 PIMv6-SM
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2001:1::/64 2001:9::1	配置静态单播路由
Switch(config)# ipv6 pim rp-candidate eth-0-9	配置候选 RP 接口
Switch(config)# ipv6 pim bsr-candidate eth-0-9	配置候选 BSR 接口

说明

一般选择最高优先级的路由器为 RP。如果有两个或多个路由器的优先级相同，会运用 BSR 机制中的哈希函数选择 RP，以确保在 PIMv6 域的所有路由器对应同一组的 RP。使用 **ipv6 pim rp-candidate** *if-name* **priority** *priority-value* 命令来改变候选 RP 的默认优先级。

ii. 命令验证

使用 **show ipv6 pim sparse-mode rp mapping** 命令显示组-RP 映射的详细信息，输出内容是候选 RP 信息。对应该范围 ff00::/8 的组有两个候选 RP。候选 RP 2001:1::1 默认的优先级 192，而候选 RP 2001:9::2 的优先级为 2。由于候选 RP 2001:1::1 由于具有更高的优先权，它被选中作为组播组 ff00::/8 的 RP。

```
S2# show ipv6 pim sparse-mode rp mapping

    PIM Group-to-RP Mappings
    This system is the Bootstrap Router (v2)
    Group(s): ff00::/8
     RP: 2001:9::2
      Info source: 2001:9::2, via bootstrap, priority 2
          Uptime: 00:00:32, expires: 00:02:02
     RP: 2001:1::1
      Info source: 2001:1::1, via bootstrap, priority 192
          Uptime: 00:00:31, expires: 00:02:03
    Embedded RP Groups:
```

使用下面的命令显示特定组的 RP 路由器的信息。此输出显示已选择 2001:9::2 为组播组 ff02::1234 的 RP。

```
S2# show ipv6 pim sparse-mode rp-hash ff02::1234

      RP: 2001:9::2
      Info source: 2001:9::2, via bootstrap
```

RP 信息达到域中的所有 PIM 路由器后，各状态机保持所有路由从组成员的加入/剪枝的结果。若需显示接口的详细信息和组播路由表的信息，请参见配置静态 RP 的部分。

16.3.6.2 配置自举路由器示例

i. 介绍

BSR 是 PIMv6-SM 网络里的管理核心，主要负责以下内容：

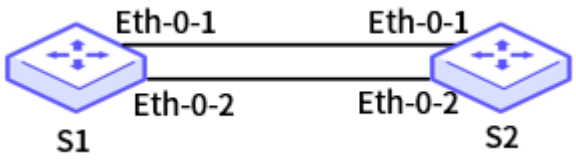
- 收集网络中 Candidate-RP（C-RP）发来的 Advertisement 宣告信息。
- 为每个组播组选择部分 C-RP 信息以组成 RP-Set 集（即组播组和 RP 的映射数据库）。
- 发布到整个 PIMv6-SM 网络，从而使网络内的所有路由器（包括 DR）都会定位 RP 的位置。

在一个 PIMv6 域中，需要配置一个或多个候选 BSR，候选 BSR 之间通过自动选举，产生自举路由器 BSR，负责收集并发布 RP 信息。下面简单描述一下候选 BSR 之间的自动选举：

- 在将路由器配置为候选 BSR 时，必须同时指定一个启动了 PIMv6-SM 的接口。
- 每个候选 BSR 开始都以自身作为本 PIMv6-SM 的 BSR，并使用这个接口的 IPv6 地址作为 BSR 地址，发送自举报文。
- 当候选 BSR 收到其它路由器发来的自举报文时，它将新收到的自举报文的 BSR 地址与自己的 BSR 地址进行比较，比较标准包括优先级和 IPv6 地址，优先级相同的情况下，优先选择拥有较大的 IPv6 地址的报文。如果前者优先级更高或 IPv6 地址更大，则将这个新的 BSR 地址替换自己的 BSR 地址，并且不再作为自己的 BSR。否则，保留自己的 BSR 地址，继续将自己视为 BSR。
- 备选 RP 将自己的 RP 信息报告给自举路由器，然后自举路由器将汇聚的 RP 集通过自举报文发布到整个组播域的路由器。

ii. 拓扑

图 16-2 BSR配置拓扑图



iii. 配置步骤

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 pim bsr-candidate eth-0-1	指定 BSR 的候选接口（默认优先级 64）

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 pim bsr-candidate eth-0-1 10 25	配置 HASH 掩码长度为 10、优先级为 25 的 BSR 候选接口
Switch(config)# ipv6 pim rp-candidate eth-0-1 priority 0	配置优先级为 0 的 RP 候选接口

通过命令 **ipv6 pim unicast-bsm** 配置接口以单播方式发送和接收 BSM 消息。

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# interface eth-0-1	进入接口配置模式
Switch(config-if)# ipv6 pim dr-priority 10	配置接口 DR 的优先级
Switch(config-if)# ipv6 pim unicast-bsm	配置接口以单播方式发送和接收 BSM 消息

iv. 命令验证

1.检查候选 BSR 的信息：

```
Switch# show ipv6 pim sparse-mode bsr-router

  PIM6v2 Bootstrap information
  This system is the Bootstrap Router (BSR)
   BSR address: 2001:9::1 (?)
   Uptime:     00:01:27, BSR Priority: 64, Hash mask length: 126
   Next bootstrap message in 00:00:16
   Role: Candidate BSR
   State: Elected BSR
  Switch# show ipv6 pim sparse-mode bsr-router
  PIM6v2 Bootstrap information
   BSR address: 2001:9::1 (?)
   Uptime:     00:01:34, BSR Priority: 64, Hash mask length: 126
   Expires:    00:01:51
   Role: Candidate BSR
   State: Candidate BSR
   Candidate RP: 2001:9::2(eth-0-9)
    Advertisement interval 60 seconds
    Next C-RP advertisement in 00:00:35
```

2.在 E-BSR 上检查 RP:

```
  Switch# show ipv6 pim sparse-mode rp mapping
  PIM Group-to-RP Mappings
  This system is the Bootstrap Router (v2)
  Group(s): ff00::/8
   RP: 2001:9::2
     Info source: 2001:9::2, via bootstrap, priority 0
```

```
        Uptime: 00:45:37, expires: 00:02:29
    Embedded RP Groups:
```

3.在 C-BSR 上检查 RP:

```
Switch# show ipv6 pim sparse-mode rp mapping

    PIM Group-to-RP Mappings
    Group(s): ff00::/8
     RP: 2001:9::2
       Info source: 2001:9::1, via bootstrap, priority 0
         Uptime: 00:03:14, expires: 00:01:51
    Embedded RP Groups:
```

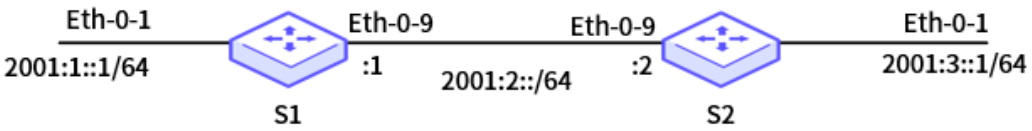
16.3.6.3 配置 PIMv6-DM 示例

i. 介绍

PIMv6-DM 是一个软状态协议。在所需的接口上启用 PIMv6-DM 协议。所有组播组的状态通过 MLD 报告/离开和 PIMv6 消息来动态的维护。如下图，组播流从 S1 的 eth-0-1 口进来，接收者来与 S2 的 eth-0-1 相连。

ii. 拓扑

图 16-3 PIMv6-DM配置拓扑图



iii. 配置方法

S1 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# interface eth-0-1	进入 eth-0-1 的接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64	配置接口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim dense-mode	使能接口的 PIMv6 DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入 eth-0-9 的接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64	配置接口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim dense-mode	使能接口的 PIMv6 DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2001:3::/64 2001:2::2	配置一条静态路由

S2 的配置如下：

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# ipv6 enable	使能 IPv6
Switch(config)# interface eth-0-1	进入 eth-0-1 的接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:3::1/64	配置接口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim dense-mode	使能接口的 PIMv6 DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# interface eth-0-9	进入 eth-0-9 的接口配置模式
Switch(config-if)# no shutdown	启用端口
Switch(config-if)# no switchport	设置接口为三层接口
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:2::2/64	配置接口的 IPv6 地址
Switch(config-if)# ipv6 pim dense-mode	使能接口的 PIMv6 DM 功能
Switch(config-if)# exit	退出接口配置模式
Switch(config)# ipv6 route 2001:1::/64 2001:2::1	配置一条静态路由

iv. 命令验证

1. 显示 S1 上接口的详细信息：

```
S1# show ipv6 pim dense-mode interface
Neighbor Address                Interface   VIFIndex Ver/   Nbr
                                                     Mode   Count
```

```
fe80::326f:c9ff:fef2:8200          eth-0-1    0      v2/D  0
fe80::326f:c9ff:fef2:8200          eth-0-9    2      v2/D  1
```

2. 显示 S1 上邻居的详细信息：

```
S1# show ipv6 pim dense-mode neighbor
Neighbor Address                Interface   Uptime/Expires    Ver
fe80::ce47:6eff:feb7:1400          eth-0-9    00:51:51/00:01:24 v2
```

3. 显示 S1 上 PIMv6-DM 组播路由表的信息：

```
S1# show ipv6 pim dense-mode mroute

PIM-DM Multicast Routing Table
(2001:1::2, ff0e::1)
 Source directly connected on eth-0-1
 State-Refresh Originator State: Originator
 Upstream IF: eth-0-1
  Upstream State: Forwarding
  Assert State: NoInfo
 Downstream IF List:
  eth-0-9, in 'olist':
    Downstream State: NoInfo
    Assert State: NoInfo
```

4. 显示 S2 上 PIMv6-DM 组播路由表的信息：

```
S2# show ipv6 pim dense-mode mroute

PIM-DM Multicast Routing Table
(2001:1::2, ff0e::1)
 RPF Neighbor: none
```

```
Upstream IF: eth-0-9
 Upstream State: AckPending
 Assert State: Loser
Downstream IF List:
 eth-0-1, in 'olist':
  Downstream State: NoInfo
  Assert State: NoInfo
```

16.4 MLD Snooping 配置

16.4.1 简介

MLD Snooping（Multicast Listener Discovery Snooping）即组播侦听者发现协议窥探，是运行在二层以太网交换机上的 IPv6 组播约束机制，用于管理和控制 IPv6 组播组。

二层交换机通过 MLD Snooping 来控制 IPv6 组播流量的泛洪。当二层以太网交换收到主机和路由器之间传递的MLD报文时，MLD Snooping将对MLD报文所带的信息进行分析，将端口和 MAC 组播地址建立起映射关系，并根据这样的映射关系转发 IPv6 组播数据。IPv6 组播路由器定期发送通用组查询维护 IPv6 组播组成员关系。所有接收者将发送 MLD 报告报文响应这个查询，交换机通过这个监听 MLD 报告报文建立转发表项。

二层的组播组可以通过 MLD 报文动态建立，也可以静态配置。静态配置的组播组将覆盖动态学的组播组。

说明

VRRP、RIPng、OSPFv3 等协议使用了组播 IPv6 地址，因此在使能了 MLD Snooping 的网络中，要避免使用这样的组播 IPv6 地址，它们映射出来的 MAC 地址和协议模块使用的组播 IPv6 地址映射出来的 MAC 地址一致。例如：

VRRP 使用了 ff02::12，在 MLD Snooping 和 VRRP 网络中，避免使用组播 MAC 地址 3333.0000.0012 映射出的组播 IPv6 地址；

RIPv6 使用了 ff02::9，在 MLD Snooping 和 RIPng 网络中，避免使用组播 MAC 地址 3333.0000.0009 映射出的组播 IPv6 地址；

OSPFv3 使用了 ff02::5，在 MLD Snooping 和 OSPFv3 网络中，避免使用组播 MAC 地址 3333.0000.0005 映射出的组播 IPv6 地址。

16.4.2 配置 MLD Snooping 基本功能

16.4.2.1 使能 MLD Snooping

用户可以在全局模式下或者单 VLAN 模式下启用 MLD Snooping 功能。如果在全局模式下关闭 MLD Snooping 功能，即使在单 VLAN 模式下启用 MLD Snooping 也是无效的。如果在全局模式下开启该功能，可以在某个 VLAN 下关闭 MLD Snooping。全局配置可以覆盖单 VLAN 配置。

表 16-26 使能 MLD Snooping

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*]	全局模式或单 VLAN 模式下开启 MLD Snooping 功能	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 默认情况下，MLD Snooping 在全局模式下和每个 VLAN 上使能

16.4.2.2 配置 MLD Snooping 版本

表 16-27 配置 MLD Snooping 版本

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **version** *version-number*	配置 MLD Snooping 运行版本	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 version-number: MLD Snooping 版本号，取值范围为 1~2；默认值为 1

16.4.3 配置 MLD Snooping 组播路由端口

组播路由端口是交换机上连接到组播路由器的端口，可以动态学习或者静态配置。当某个 VLAN 的端口上收到 MLD 通用组查询报文或者是 PIMv6 Hello 报文，该端口成为这个 VLAN 的组播路由端口。所有从组播路由端口上收到的 MLD 查询报文要在所属 VLAN 内广播。所有 VLAN 上收到 MLD 报告/离开报文也将从组播路由端口转发（报文抑制关闭的情况下），另外所有从该 VLAN 上收到的组播流量将从组播路由端口转发。

16.4.3.1 配置动态 IPv6 组播路由端口老化时间

表 16-28 配置动态 IPv6 组播路由端口老化时间

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **mrouter-aging-interval** *interval-value*	配置 VLAN 上的动态 IPv6 组播路由端口的老化时间间隔	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

命令	操作	说明
		interval-value: 老化时间间隔，取值范围为 1~65535，单位：秒；默认值为 255 秒

16.4.3.2 配置静态成员端口

交换机在二层端口上收到 MLD 报文时会建立 MLD Snooping 的组记录。目前系统也支持静态配置 MLD Snooping 的组记录，在静态配置时需要指定组地址、二层端口以及二层端口所属的 VLAN。

表 16-29 配置静态成员端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **static-group** *group-address* [**source** *source-address*] **interface** *if-name*	配置 VLAN 的成员端口加入 IPv6 组播组或组播源组	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 group-address: IPv6 组播组地址 source-address: IPv6 组播源地址 if-name: VLAN 的成员端口名称

16.4.3.3 配置静态组播路由端口

表 16-30 配置静态组播路由端口

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **mrouter interface** *if-name*	配置 VLAN 上的静态组播路由端口	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 if-name: 接口名称

16.4.3.4 配置 MLD Snooping 快速离开功能

正常情况下，MLD Snooping 在接收到 MLD 离开报文后不会直接将端口从组播组中删除，而是发送 MLD 特定组查询报文，如果等待一段时间后没有得到响应，才会将该端口从组播组中删除。启动快速删除功能后，MLD Snooping 收到 MLD 离开报文时，直接将端口从组播组中删除。当端口下只有一个用户时，快速删除可以节省带宽。

表 16-31 配置 MLD Snooping 快速离开功能

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **fast-leave**	配置 MLD Snooping 快速离开功能	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 缺省情况下，MLD Snooping 快速离开功能处于关闭状态

16.4.4 配置 MLD Snooping 查询参数

三层交换机在所连接的网段上周期性地发送 MLD 通用查询报文，通过解析返回的 MLD 主机报告报文，获知该网段内的组播组成员信息。组播路由器周期性地发送查询报文，当得到某一组成员的 MLD 主机报告报文的时候，刷新该网段相应的组成员关系信息。

16.4.4.1 配置 MLD 查询与响应

表 16-32 配置 MLD 查询与响应

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **query-interval** *interval-value*	配置 MLD 通用查询报文发送的时间间隔	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 查询间隔的取值范围为 2~18000；默认值为 125 秒。 查询的间隔时间不能小于 MLD Snooping 查询最大的响应时间
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **query-max-response-time** *time*	配置等待查询应答报文的超时时间	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 time: 超时时间的取值范围为 1~25，单位：秒；默认值为 10 秒
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **last-member-query-interval** *interval-value*	配置最后成员查询报文的时间间隔	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 查询间隔的范围为 1000~25500，单位：毫秒；默认值为 1000 毫秒

16.4.4.2 配置 MLD 查询器

表 16-33 配置 MLD 查询器

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **querier address** *source-address*	配置 VLAN 上 IPv6 组播查询器的源地址	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 source-address: IPv6 组播查询器源地址
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **querier**	使能 VLAN 上的 IPv6 组播查询器功能	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 缺省情况下，IPv6 组播查询器功能处于关闭状态
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **querier-timeout** *interval-value*	配置 VLAN 上查询器老化时间	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 interval-value: 查询器老化时间间隔，取值范围为 60~300，单位：秒；默认值为 255 秒

16.4.4.3 配置查询器源 IPv6 地址

表 16-34 配置查询器源 IPv6 地址

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 mld snooping global source-address *source-address*	配置 MLD Snooping 查询器源地址	source-address: 查询器源 IPv6 地址

16.4.4.4 配置 TCN 查询参数

用户可以通过配置 TCN 的时间间隔以及查询次数来适应 STP 收敛拓扑后的组播组学习以及更新。

表 16-35 配置 TCN 查询参数

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping querier tcn { **query-count** *count* | **query-interval** *interval-value* }	配置 MLD Snooping TCN 查询参数	count: TCN 查询次数，取值范围为 1~10，默认值为 2 秒 interval-value: TCN 查询间隔，取值范围为 1~255，单位：秒；默认值为 10 秒

16.4.5 配置 IPv6 组播组控制规则

16.4.5.1 配置 IPv6 组播组过滤

表 16-36 配置 IPv6 组播组过滤

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 mld snooping vlan *vlan-id* **access-group** *acl-list*	配置允许加入的 IPv6 组播组范围	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 acl-list: 访问控制列表名称

16.4.5.2 配置丢弃未知 IPv6 组播流量

表 16-37 配置丢弃未知 IPv6 组播流量

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **discard-unknown**	配置丢弃未知的 IPv6 组播流量	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 缺省情况下，未知 IPv6 组播流量在 VLAN 内泛洪

16.4.5.3 配置报告报文抑制

交换机使用 MLD 报告报文抑制功能，抑制重复发送同一个 MLD 报文至组播路由器。当 MLD 路由器抑制使能时（默认），交换机将第一个 MLD 报告报文发送给组播路由器，其余相同的 MLD 报告报文将不再发送给组播路由器。

表 16-38 配置报告报文抑制

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-

命令	操作	说明
ipv6 mld snooping [**vlan** *vlan-id*] **report-suppression**	配置设置端口对 MLDv1/v2 的成员报告报文进行抑制	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 缺省情况下，报告报文抑制功能处于开启状态； MLD Snooping 在 V2 模式工作时，成员报告报文不进行抑制

16.4.6 显示与维护

表 16-39 显示与维护

命令	操作	说明
show ipv6 mld snooping global	查看 MLD Snooping 的全局配置	-
show ipv6 mld snooping groups	显示 MLD Snooping 组播组信息	-
show ipv6 mld snooping groups vlan *vlan-id* [*group-address*]	显示指定 VLAN 上的 IPv6 组播组信息	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094 group-address: IPv6 组播组地址
show ipv6 mld snooping groups vlan *vlan-id* **count**	显示 MLD Snooping 组播组数目	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

命令	操作	说明
show ipv6 mld snooping querier [**vlan** *vlan-id*]	显示 MLD Snooping 查询器相关信息	
show ipv6 mld snooping mrouter [**vlan** *vlan-id*]	显示 IPv6 组播路由端口信息	
show ipv6 mld snooping vlan *vlan-id*	显示 VLAN 上的 MLD Snooping 信息	
show resource l2mcast	显示二层组播资源使用情况	-
clear ipv6 mld snooping group *	删除所有的 MLD Snooping 组信息	*: 所有组信息
clear ipv6 mld snooping vlan *vlan-id*	删除指定 VLAN 上的组播组信息	vlan-id: VLAN ID 的取值范围为 1~4094

16.4.7 配置举例

16.4.7.1 配置启用 MLD Snooping 示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 mld snooping	全局模式下启用 MLD Snooping
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1	在单 VLAN 模式下启用 MLD Snooping

ii. 命令验证

显示 VLAN 1 上 MLD Snooping 的信息：

```
Switch # show ipv6 mld snooping vlan 1

  Global Mld Snooping Configuration

  ------------------------------------------------
  Mld Snooping                  :Enabled
  Mld Snooping Fast-Leave           :Disabled
  Mld Snooping Version              :1
  Mld Snooping Max-Member-Number        :4096
  Mld Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
  Mld Snooping Report-Suppression       :Enabled
  Vlan 1
  ----------
  Mld Snooping                  :Enabled
  Mld Snooping Fast-Leave           :Disabled
  Mld Snooping Report-Suppression       :Enabled
  Mld Snooping Version              :1
  Mld Snooping Max-Member-Number        :4096
  Mld Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
  Mld Snooping Group Access-list        :N/A
  Mld Snooping Mrouter Port             :
  Mld Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :255
```

16.4.7.2 配置 MLD Snooping 快速离开示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)#ipv6 mld snooping fast-leave	全局模式下启用快速离开功能
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1 fast-leave	在 VLAN 模式下启用快速离开功能

ii. 命令验证

显示 VLAN 1 上 MLD Snooping 的信息：

```
Switch # show ipv6 mld snooping vlan 1
Global Mld Snooping Configuration
------------------------------------------------
Mld Snooping                    :Enabled
Mld Snooping Fast-Leave         :Enabled
Mld Snooping Version            :1
Mld Snooping Max-Member-Number      :4096
Mld Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Mld Snooping Report-Suppression     :Enabled
Vlan 1
-----------
Mld Snooping                    :Enabled
Mld Snooping Fast-Leave         :Enabled
Mld Snooping Report-Suppression     :Enabled
Mld Snooping Version            :1
Mld Snooping Max-Member-Number      :4096
Mld Snooping Unknown Multicast Behavior  :Flood
Mld Snooping Group Access-list      :N/A
```

```
Mld Snooping Mrouter Port          :
Mld Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :255
```

16.4.7.3 配置 MLD Snooping 组播路由端口示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 mld snooping report-suppression	启用 MLD Snooping 的报告抑制功能
Switch(config)# ipv6 mld snooping vlan 1 mrouter interface eth-0-1	配置静态组播路由端口
Switch(config)# ipv6 mld snooping vlan 1 report-suppression	在 VLAN 1 上启用报告抑制功能
Switch(config)# ipv6 mld snooping vlan 1 mrouter-aging-interval 200	配置动态组播路由端口老化时间

ii. 命令验证

显示 VLAN 1 上 MLD Snooping 的信息：

```
Switch# show ipv6 mld snooping vlan 1
Global Mld Snooping Configuration
-----------------------------------------------
Mld Snooping                    :Enabled
Mld Snooping Fast-Leave         :Enabled
Mld Snooping Version            :1
Mld Snooping Max-Member-Number  :4096
```

```
Mld Snooping Unknown Multicast Behavior  :Discard
Mld Snooping Report-Suppression        :Enabled
Vlan 1
----------
Mld Snooping                  :Enabled
Mld Snooping Fast-Leave             :Enabled
Mld Snooping Report-Suppression       :Enabled
Mld Snooping Version                :1
Mld Snooping Max-Member-Number        :4096
Mld Snooping Unknown Multicast Behavior  :Discard
Mld Snooping Group Access-list        :N/A
Mld Snooping Mrouter Port           :eth-0-1(static)
Mld Snooping Mrouter Port Aging Interval(sec) :200
```

16.4.7.4 配置 MLD Snooping 查询参数示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch #configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 mld snooping query-interval 100	设置查询时间间隔是 100 秒
Switch(config)# ipv6 mld snooping query-max-response-time 5	设置查询的最大响应时间 5 秒
Switch(config)#ipv6 mld snooping last-member-query-interval 2000	设置当仅存最后一个成员时的查询间隔
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan	在 VLAN1 上配置 MLD Snooping 的查询地

命令举例	操作步骤
1 querier address fe80::1	址
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1 querier	在 VLAN1 上启用 MLD Snooping 的查询功能
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1 query-interval 200	在 VLAN1 上设置查询时间间隔是 200 秒
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1 query-max-response-time 5	在 VLAN1 上设置查询的最大响应时间 5 秒
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1 querier-timeout 100	在 VLAN1 上设置查询超时时间 100 秒
Switch(config)#ipv6 mld snooping vlan 1 last-member-query-interval 2000	在 VLAN1 上设置特定组的查询间隔 2000 秒
Switch(config)# ipv6 mld snooping vlan 1 discard-unknown	在 VLAN1 上丢弃未知组播报文
Switch(config)# ipv6 mld snooping discard-unknown	在全局模式下设置丢弃未知组播报文

ii. 命令验证

显示 MLD Snooping 查询器相关信息：

```
Switch # show ipv6 mld snooping querier
Global Mld Snooping Querier Configuration
-----------------------------------------------
Version                 :1
Last-Member-Query-Interval (msec) :2000
```

```
Max-Query-Response-Time (sec)    :5
Query-Interval (sec)          :100
Global Source-Address          :::
TCN Query Count              :2
TCN Query Interval (sec)       :10
Vlan 1:  MLD snooping querier status
----------------------------------------
Elected querier is : fe80::1
----------------------------------------
Admin state                :Enabled
Admin version               :1
Operational state            :Querier
Querier operational address     :fe80::1
Querier configure address       :fe80::1
Last-Member-Query-Interval (msec) :2000
Max-Query-Response-Time (sec)    :5
Query-Interval (sec)          :200
Querier-Timeout (sec)          :100
```

16.4.7.5 配置 TCN 查询示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 mld snooping querier tcn query-count 5	设置 TCN 的查询次数为 5
Switch(config)# ipv6 mld snooping querier	设置 TCN 的查询时间间隔 20 秒

命令举例	操作步骤
tcn query-interval 20	

ii. 命令验证

显示 MLD Snooping 查询器相关信息：

```
Switch # show ipv6 mld snooping querier
Global Mld Snooping Querier Configuration
-----------------------------------------------
Version                 :1
Last-Member-Query-Interval (msec) :2000
Max-Query-Response-Time (sec)   :5
Query-Interval (sec)        :100
Global Source-Address       :::
TCN Query Count             :5
TCN Query Interval (sec)    :20
Vlan 1:  MLD snooping querier status
-----------------------------------------
Elected querier is : fe80::1
-----------------------------------------
Admin state             :Enabled
Admin version           :1
Operational state       :Querier
Querier operational address    :fe80::1
Querier configure address      :fe80::1
Last-Member-Query-Interval (msec) :2000
Max-Query-Response-Time (sec)   :5
Query-Interval (sec)        :200
```

```
Querier-Timeout (sec)          :100
```

16.4.7.6 配置静态组播组示例

i. 配置步骤

命令举例	操作步骤
Switch#configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# ipv6 mld snooping vlan 1 static-group ff0e::1234 interface eth-0-2	配置静态组播组 ff0e::1234，成员端口是 VLAN1 的 eth-0-2

ii. 命令验证

显示 MLD Snooping 组播组信息：

```
Switch# show ipv6 mld snooping groups

  VLAN  Interface  Group Address                Uptime    Expire-time
  1     eth-0-2    ff0e::1234                  00:00:02  stopped
```

17 RPC API 配置指导

17.1 RPC API 配置

17.1.1 简介

RPC API 服务提供用户通过软件远程控制交换机的能力。目前只支持 JSON-RPC over HTTP 和 HTTP 基本认证。

17.1.2 配置 RPC API 服务

17.1.2.1 启动 RPC API 服务

表 17-1 启动 RPC API 服务

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service rpc-api enable port *port-number*	启动 RPC API 服务	port-number: API 端口 ID，默认使用 80 端口

17.1.2.2 关闭 RPC API 服务

表 17-2 关闭 RPC API 服务

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service rpc-api disable	关闭 RPC API 服务	-

17.1.3 配置 RPC API 服务的 HTTP 基本认证

启用或关闭 HTTP 认证后，用户需要手动重启 RPC API 服务或者重启交换机，配置才能生效。

目前只支持 HTTP 基本认证。如果用户认证失败，服务器将返回 401 状态码。

17.1.3.1 启动 RPC API 服务的 HTTP 基本认证

表 17-3 启动 RPC API 服务的 HTTP 基本认证

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
service rpc-api auth-mode basic	启用 RPC API 服务的 HTTP 基本认证	缺省情况下，RPC API 服务的 HTTP 基本认证处于关闭状态

17.1.3.2 关闭 RPC API 服务的 HTTP 基本认证

表 17-4 关闭 RPC API 服务的 HTTP 基本认证

命令	操作	说明
configure terminal	进入全局配置模式	-
no service rpc-api auth-mode	关闭 RPC API 服务的 HTTP 基本认证	缺省情况下，RPC API 服务的 HTTP 基本认证处于关闭状态

17.1.4 显示与维护

表 17-5 显示与维护

命令	操作	说明
show services rpc-api	显示系统当前的 RPC API 服	-

命令	操作	说明
	务配置	

17.1.5 配置举例

17.1.5.1 配置 RPC API 服务

1. 启用RPC API服务

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# service rpc-api enable port 80	启动 RPC API 服务，使用 TCP 80 (HTTP) 端口
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

2. 关闭RPC API服务

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# service rpc-api disable	关闭 RPC API 服务
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

17.1.5.2 配置 RPC API 服务的 HTTP 认证

1. 启用RPC API服务的HTTP基本认证

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式

命令举例	操作步骤
Switch(config)# username inop password inop	配置交换机的用户名 (inop) 和密码 (inop)，可以用于 HTTP 认证
Switch(config)# service rpc-api auth-mode basic	启用 RPC API 服务的 HTTP 基本认证
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

2. 取消配置RPC API服务的HTTP基本认证

命令举例	操作步骤
Switch# configure terminal	进入全局配置模式
Switch(config)# no service rpc-api auth-mode	关闭 RPC API 服务的 HTTP 认证
Switch(config)# exit	退出全局配置模式

说明

启用或关闭 HTTP 认证后，用户需要手动重启 RPC API 服务或者重启交换机，配置才能生效。

启用 RPC API 后会占用 2 个 imish 资源下发命令，当 show users 时 RPC API 占用 imish 的 idle time 一直是 0。

完成上述步骤后，显示当前 RPC API 的配置信息：

```
Switch# show services rpc-api
RPC API services configuration:
```

```
HTTP server:   running, port: 80, authentication mode: none
```

17.2 RPC API 规范

17.2.1 概述

RPC API 服务，使用了标准的 JSON-RPC 规范。可以通过 JSON RPC method: ‘executeCmds’执行交换机的 CLI 命令行。默认初始模式为 EXEC(#)特权模式。

用户需要通过发送 JSON-RPC (over HTTP)请求 URL: ***http://<交换机管理口 IP 地址>:<端口号>/command-api***, 请求和返回的 JSON-RPC 格式如下所示。

17.2.1.1 JSON-RPC Request

JSON-RPC 请求及解释如下：

```
{
  "params":[                          命令参数
    {
      "format":"text",          期望命令返回格式, 可以是’text’或者’json’, 默认’text’
      "version":1,                    命令版本号
      "cmds":[                      命令列表
        "show run",                   命令行 1
        "config t",                   命令行 2
```

```
            "vlan database",                    命令行 3
            "vlan 1-8",                         命令行 4
            "interface eth-0-1",                命令行 5
            "switchport mode trunk",            命令行 6
            "switchport trunk allowed vlan add 2",      命令行 7
            "shutdown",                         命令行 8
            "end",                              命令行 9
            "show interface switchport"         命令行 10
          ]
        }
    ],
    "jsonrpc":"2.0",                        JSON RPC 协议版本号
    "method":"executeCmds",                 运行交换机 CLI 命令的方法
    "id":"70853aff-af77-420e-8f3c-fa9430733a19"      JSON RPC 协议中的 UID
}
```

17.2.1.2 JSON-RPC Response

JSON-RPC 返回及解释如下：

```
{
```

```
"jsonrpc":"2.0",                    JSON RPC 协议版本号
"id":"70853aff-af77-420e-8f3c-fa9430733a19",    JSON RPC 协议中的 UID
"result":[                          JSON RPC 返回值列表
  {
    "sourceDetails":"version 5.1.6.fcs\n!\n …",    命令行 1 的返回值。
                                                    如果运行成功，原始文本输出在”sourceDetails” 属性中。
    "errorCode":-1003,                              如果有错, 会输出在
    "errorDesc":"unsupported                                    command…",
warnings/errorCode/errorDesc 属性中。
"warnings":"% Invalid …",
                                                    JSON 格式化对象也会输出到这里。
  },
  {},                   命令行 2 的返回值。
  {},                   命令行 3 的返回值。
  {},                   命令行 4 的返回值。
  {},                   命令行 5 的返回值。
  {},                   命令行 6 的返回值。
  {},                   命令行 7 的返回值。
```

```
        {},                    命令行 8 的返回值。
        {},                    命令行 9 的返回值。
        {
          "sourceDetails":" Interface name        : eth-0-1\n Switchport mode        :
trunk\n …\n"
        }                      命令行 10 的返回值。
      ]
}
```

17.2.2 Python Client 代码示例

以 pyjsonrpc 库为例，示例代码如下：

```
import pyjsonrpc
import json
http_client = pyjsonrpc.HttpClient(
  url = "http://10.10.39.64:80/command-api",
  username = "inop",
  password = "inop"
)
cmds = {}
```

```
cmd_list = ["show run", "config t", "vlan database", "vlan 1-8", "interface eth-0-1", "switchport mode trunk", "switchport trunk allowed vlan add 2", "shutdown", "end", "show interface switchport"]

cmds['cmds'] = cmd_list

cmds['format'] = 'text'

cmds['version'] = 1

try:

  response = http_client.call("executeCmds", cmds)

  print("json response:");

  json_result = json.dumps(response, indent=4)

  print(json_result)

except Exception, e:

  if e.code == 401:

    print "Unauthorized user"

  else:

    print e.message

    print e.data
```

17.2.3 JSON-RPC 错误码

下表列出了 JSON-RPC 2.0 的错误码：

表 17-6 JSON-RPC 错误码

错误码	描述
-32700	JSON 解析错误
-32600	无效请求
-32601	方法无效
-32602	无效参数
-32603	内部错误

17.2.4 RPC-API 错误码

下表列出了 RPC-API 的错误码：

表 17-7 RPC-API 错误码

错误码	描述
-1000	普通错误
-2001	不支持的 JSON RPC API 版本
-2002	JSON RPC 中必须指定’ params’ 和 ‘cmds’
-2003	不支持的 JSON 返回格式

错误码	描述
-3001	命令执行错误: 超时
-3002	命令执行错误: 不支持该命令
-3003	命令执行错误: 该命令未授权
-3004	命令执行错误: 找不到该命令
-3005	命令执行错误: 不能够转换为 JSON 格式
-3006	命令执行错误: 命令行数目太少
-3007	命令执行错误: 命令行数目太多