H3C S5130S-SI[LI]&S5120V2-SI[LI]&S5110V2-SI&S5000V3-EI&S5000E-X&S3100V3-SI 系列以太网交换机

二层技术-以太网交换配置指导

新华三技术有限公司
http://www.h3c.com

资料版本：6W103-20190822
产品版本：Release 612x 系列

前 言

本配置指导主要介绍以太网交换技术的原理及具体配置方法。通过这些技术您可以实现流量控制、流量的负载分担、同一 VLAN 内用户隔离、二层环路消除、VLAN 划分、私网报文穿越公网、修改报文的 VLAN Tag 等功能。

前言部分包含如下内容：

读者对象

本手册主要适用于如下工程师：

- 网络规划人员
- 现场技术支持与维护人员
- 负责网络配置和维护的网络管理员

本书约定

1. 命令行格式约定

格　式	意　义
粗体	命令行关键字（命令中保持不变、必须照输的部分）采用**加粗**字体表示。
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 | ... }	表示从多个选项中仅选取一个。
[x | y | ...]	表示从多个选项中选取一个或者不选。
{ x | y | ... }*	表示从多个选项中至少选取一个。
[x | y | ...]*	表示从多个选项中选取一个、多个或者不选。
&<1-n>	表示符号&前面的参数可以重复输入1～n次。
#	由“#”号开始的行表示为注释行。

2. 图形界面格式约定

格　式	意　义
< >	带尖括号“< >”表示按钮名，如“单击<确定>按钮”。
[ ]	带方括号“[ ]”表示窗口名、菜单名和数据表，如“弹出[新建用户]窗口”。
/	多级菜单用“/”隔开。如[文件/新建/文件夹]多级菜单表示[文件]菜单下的[新建]子菜单下

格　式	意　义
	的[文件夹]菜单项。

3. 各类标志

本书还采用各种醒目标志来表示在操作过程中应该特别注意的地方，这些标志的意义如下：

 警告	该标志后的注释需给予格外关注，不当的操作可能会对人身造成伤害。
 注意	提醒操作中应注意的事项，不当的操作可能会导致数据丢失或者设备损坏。
 提示	为确保设备配置成功或者正常工作而需要特别关注的操作或信息。
 说明	对操作内容的描述进行必要的补充和说明。
 窍门	配置、操作、或使用设备的技巧、小窍门。

4. 图标约定

本书使用的图标及其含义如下：

	该图标及其相关描述文字代表一般网络设备，如路由器、交换机、防火墙等。
	该图标及其相关描述文字代表一般意义下的路由器，以及其他运行了路由协议的设备。
	该图标及其相关描述文字代表二、三层以太网交换机，以及运行了二层协议的设备。
	该图标及其相关描述文字代表无线控制器、无线控制器业务板和有线无线一体化交换机的无线控制引擎设备。
	该图标及其相关描述文字代表无线接入点设备。
	该图标及其相关描述文字代表无线终结单元。
	该图标及其相关描述文字代表无线终结者。
	该图标及其相关描述文字代表无线Mesh设备。
	该图标代表发散的无线射频信号。
	该图标代表点到点的无线射频信号。
	该图标及其相关描述文字代表防火墙、UTM、多业务安全网关、负载均衡等安全设备。

	该图标及其相关描述文字代表防火墙插卡、负载均衡插卡、NetStream插卡、SSL VPN插卡、IPS插卡、ACG插卡等安全插卡。

5. 示例约定

由于设备型号不同、配置不同、版本升级等原因，可能造成本手册中的内容与用户使用的设备显示信息不一致。实际使用中请以设备显示的内容为准。

本手册中出现的端口编号仅作示例，并不代表设备上实际具有此编号的端口，实际使用中请以设备上存在的端口编号为准。

资料意见反馈

如果您在使用过程中发现产品资料的任何问题，可以通过以下方式反馈：

E-mail：info@h3c.com

感谢您的反馈，让我们做得更好！

目 录

1 以太网接口配置

1.1 以太网接口简介

本系列交换机支持的接口类型包括：以太网接口和 Console 口。具体机型支持的接口类型及接口数量可参见产品的安装手册。

本章节主要介绍有关以太网接口的相关配置及命令。

1.2 以太网接口编号规则

本系列交换机的以太网接口均采用 3 维编号方式：interface type A/B/C。

- A：IRF 中成员设备的编号，若未形成 IRF，其取值默认为 1。
- B：设备上的槽位号。取值为 0，表示设备上固有接口所在的槽位。
- C：某槽位上的端口编号。

1.3 以太网接口通用配置

1.3.1 配置Combo接口的物理类型（单Combo接口）

1. 功能简介

Combo 接口是一个逻辑接口，一个 Combo 接口在物理上对应设备面板上一个电口和一个光口。电口与其对应的光口共用一个转发接口和接口视图，所以，两者不能同时工作。当激活其中的一个接口时，另一个接口就自动处于禁用状态。用户可根据组网需求选择使用电口或光口，当配置 Combo 接口为 **auto** 时，接口根据所插入介质自动识别并激活对应的物理接口。当用户需要激活电口或光口、配置电口或光口的属性（例如速率、双工等）时，在同一接口视图下配置。

2. 配置准备

- 请根据设备面板上的标识了解设备上有哪些 Combo 接口以及每个 Combo 接口的编号。
- 通过 **display interface** 命令查看接口信息，如果显示信息中包含“Media type is twisted pair”，则表示电口处于激活状态，否则，则表示光口处于激活状态。

3. 配置限制和指导

仅 Release 6127 及以上版本，支持配置 Combo 接口为 **auto** 模式。

4. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 激活 Combo 接口中的电口或者光口。

combo enable { **auto** | **copper** | **fiber** }

对于 Release 6126P20 及之前的版本，缺省情况下电口处于激活状态；对于 Release 6127 及以上版本，缺省情况下接口根据所插入介质自动识别并激活对应的物理接口。

1.3.2 以太网接口基本配置

1. 接口双工和速率简介

设置以太网接口的双工模式时存在以下几种情况：

- 当希望接口在发送数据包的同时可以接收数据包，可以将接口设置为全双工（**full**）属性；
- 当希望接口同一时刻只能发送数据包或接收数据包时，可以将接口设置为半双工（**half**）属性；
- 当设置接口为自协商（**auto**）状态时，接口的双工状态由本接口和对端接口自动协商而定。

设置以太网接口的速率时，当设置接口速率为自协商（**auto**）状态时，接口的速率由本接口和对端接口双方自动协商而定。对于百兆或者千兆二层以太网接口，可以根据端口的速率自协商能力，指定自协商速率，让速率在指定范围内协商，具体配置请参见“1.4.1 配置以太网接口自协商速率”。

2. 配置限制和指导

在进行环回测试时，禁止在接口上配置 **shutdown** 命令。

请将链路两端接口的速率和双工模式配置为一致。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 设置当前接口的描述信息。

description *text*

缺省情况下，接口的描述信息为“*接口名* Interface”，例如：GigabitEthernet1/0/1 Interface。

(4) 设置以太网接口的双工模式。

duplex { **auto** | **full** | **half** }

缺省情况下，以太网接口的双工模式为 **auto**（自协商）状态。

光口和配置了速率为 1000，10000 的以太网电口不支持配置 **half** 参数。

(5) 设置以太网接口的速率。

speed { **10** | **100** | **1000** | **10000** | **auto** }

缺省情况下，以太网接口的速率为 auto（自协商）状态。

(6) 配置接口的期望带宽。

bandwidth *bandwidth-value*

缺省情况下，接口的期望带宽＝接口的波特率÷1000（kbps）。

期望带宽供业务模块使用，不会对接口实际带宽造成影响。

(7) 打开以太网接口。

undo shutdown

缺省情况下，以太网接口处于开启状态。

1.3.3 配置以太网接口速率自动降级协商功能

1. 功能简介

本设备和对端设备以千兆以太网接口相连，且两接口速率均配置为自动协商，则协商后的速率为1000Mbit/s。但由于网线老化等原因，接口实际支持的工作速率仅为 100Mbit/s，导致链路上存在丢包现象。此时，请开启以太网接口速率自动降级协商功能，以便接口可以将协商速率下降到100Mbit/s，保证接口正常工作。

2. 配置限制和指导

以太网接口速率自动降级协商功能仅支持在千兆以太网接口下配置。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置以太网接口速率自动降级协商功能。

speed auto downgrade

缺省情况下，以太网接口速率自动降级协商功能处于开启状态。

1.3.4 配置以太网接口允许超长帧通过

1. 功能简介

以太网接口在进行文件传输等大吞吐量数据交换的时候，接口收到的长度大于 1522 字节的帧称为超长帧。

系统对于超长帧的处理如下：

- 如果系统配置了禁止超长帧通过（通过 **undo jumboframe enable** 命令配置），会直接丢弃该帧不再进行处理。
- 如果系统允许超长帧通过，当接口收到长度在指定范围内的超长帧时，系统会继续处理；当接口收到长度超过指定最大长度的超长帧时，系统会直接丢弃该帧不再进行处理。

2. 配置限制和指导

指定允许通过的超长帧的长度时，仅支持配置为偶数。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 允许超长帧通过。

jumboframe enable [*size*]

缺省情况下，设备允许最大长度为 10240 字节的超长帧通过。

多次执行该命令配置不同的 *size* 值时，最新的配置生效。

1.3.5 配置以太网接口物理连接状态抑制功能

1. 功能简介

以太网接口有两种物理连接状态：up 和 down。当接口状态发生改变时，接口会立即上报 CPU，CPU 会立即通知上层协议模块（例如路由、转发）以便指导报文的收发，并自动生成 Trap 和 Log 信息，来提醒用户是否需要对物理链路进行相应处理。

如果短时间内接口物理状态频繁改变，上述处理方式会给系统带来额外的开销。此时，可以在接口下设置物理连接状态抑制功能，使得在抑制时间内，系统忽略接口的物理状态变化；经过抑制时间后，如果状态还没有恢复，再上报 CPU 进行处理。

2. 配置限制和指导

对于开启了生成树协议、RRPP 或 Smart Link 的端口不推荐使用该功能。S5000E-X、S5110V2-SI 和 S5000V3-EI 系列交换机不支持 RRPP 和 Smart Link。

以太网接口上不能同时配置本功能、**dampening** 命令和 **port link-flap protect enable** 命令。

同一接口下，接口状态从 up 变成 down 的抑制时间和接口状态从 down 变成 up 的抑制时间可以不同。如果在同一端口下，多次执行本命令配置了不同的抑制时间，则两个抑制时间会分别以最新配置为准。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置以太网接口物理连接状态抑制功能。

link-delay [**msec**] *delay-time* [**mode** { **up** | **updown** }]

缺省情况下，接口状态改变时，系统会将接口状态改变立即上报 CPU。

不指定 **mode** 参数，表示对接口状态从 up 变成 down 事件进行抑制。指定 **mode up** 参数，表示对接口状态从 down 变成 up 事件进行抑制。指定 **mode updown** 参数，表示接口状态从 up 变成 down 事件或者 down 变成 up 事件进行抑制。

1.3.6 配置以太网接口dampening功能

1. 功能简介

由于线缆故障、接口连接或链路层配置错误等问题，可能会导致设备接口的状态频繁的在 down 和 up 之间切换，这种现象称为接口震荡。随着接口状态的频繁改变，设备会不停的刷新相关表项（比如路由表），消耗大量的系统资源。通过在接口上配置 dampening 功能，可以在一定条件下，屏蔽该接口的震荡对路由等上层业务的影响。此时若出现接口震荡，将不上送 CPU 处理，仅产生对应的 Trap 和 Log 信息，从而节省系统资源的消耗。

dampening 功能中各参数解释如下：

- 惩罚值（Penalty）：配置 dampening 功能后，接口对应一个惩罚值，初始值为 0。接口状态从 up 变到 down 时，惩罚值会增加 1000；接口状态从 down 变到 up 时，惩罚值不变。同时，惩罚值随时间推移自动减少，满足半衰期衰减规律：完全衰减时（假如没有接口震荡），经过一个半衰周期，惩罚值减少为原来值的一半。
- 最大惩罚值（Ceiling）：当惩罚值达到此值后，惩罚值将不再增加。每次接口进入抑制状态后，持续抑制的时间超过最大抑制时间时，惩罚值不再增加，此时惩罚值进入完全半衰期（此阶段接口状态变化不会增加惩罚值），直到惩罚值小于启用值，不再抑制接口（完全半衰时，接口仍然处于抑制状态，但完全半衰阶段时间不算入持续抑制时间）。
- 抑制值（Suppress-limit）：当惩罚值大于或等于这个门限时，抑制接口，即当接口状态变化时，不上送 CPU 处理，仅产生对应的 Trap 和 Log 信息。
- 启用值（Reuse-limit）：当惩罚值小于或等于这个门限时，不抑制接口，即当接口状态变化时，上送 CPU 处理，同时产生对应的 Trap 和 Log 信息。
- 半衰期（Decay）：此阶段惩罚值随着时间的推移自动的减少，满足半衰期衰减规律，即经过一个半衰周期，惩罚值减半。
- 最大抑制时间（Max-suppress-time)：如果接口一直不稳定，网络设备不能一直抑制它，必须要设定一个最大的抑制时间。最大抑制时间后，惩罚值进入完全半衰期。

其中，抑制值、最大惩罚值、最大抑制时间、半衰期、启用值之间应满足以下关系，配置命令行时请根据该关系来选择参数的取值：

- 最大惩罚值＝$2^{(\text{最大抑制时间}/\text{半衰期})}$×启用值，其中最大惩罚值不可配。
- 抑制值的配置值≤最大惩罚值≤抑制值可配的最大值

惩罚值的变化规律如下图所示。

图1-1 dampening 惩罚值变化规律图

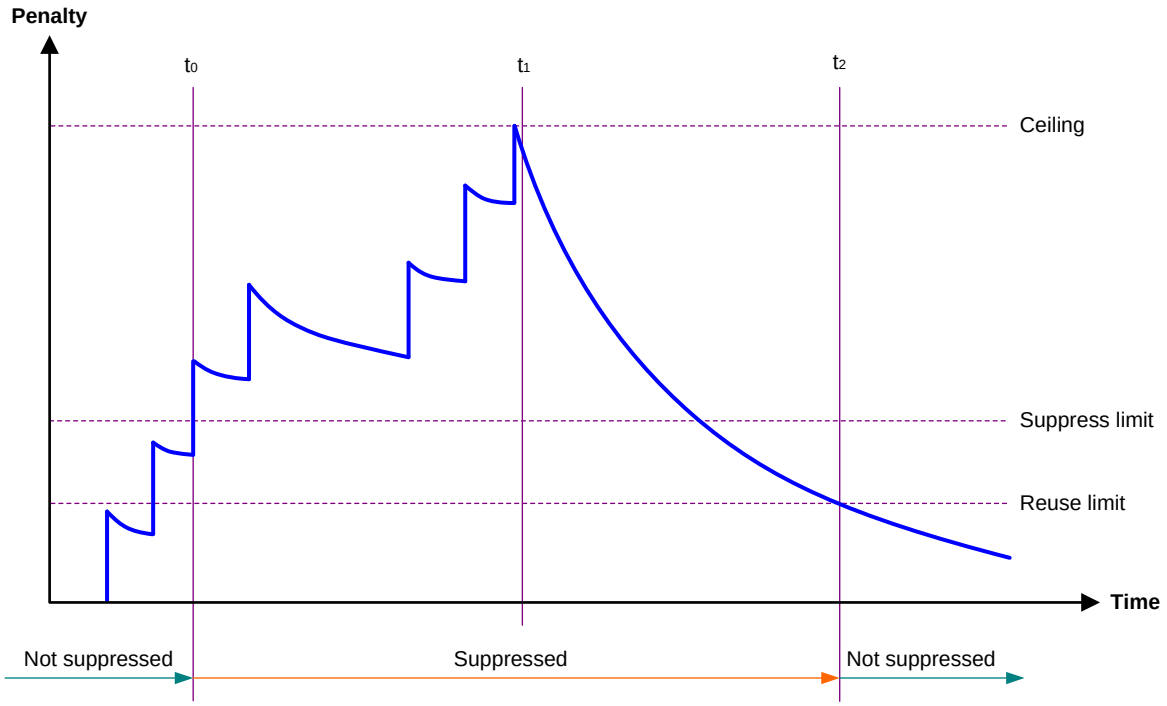


图 1-1 中，t_0 为抑制开始时间，从t_0 开始经过最大抑制时间后达到t_1，t_2 为抑制结束时间。t_0 至t_2 段对应接口抑制期，t_0 至t_1 段对应最大抑制时间，t_1 至t_2 段对应完全半衰期（此阶段惩罚值不再增加）。

2. 配置限制和指导

以太网接口上不能同时配置本功能、**link-delay** 命令和 **port link-flap protect enable** 命令。

本功能对使用 **shutdown** 命令手动关闭的接口无效。

手工 **shutdown** 接口时，dampening 的惩罚值恢复为初始值 0。

对于开启了 RRPP、MSTP 或 Smart Link 的接口不建议配置该功能。S5000E-X、S5110V2-SI 和 S5000V3-EI 系列交换机不支持 RRPP 和 Smart Link。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启接口的 dampening 功能。

dampening [*half-life reuse suppress max-suppress-time*]

缺省情况下，接口的 dampening 功能处于关闭状态。

1.3.7 配置以太网接口的链路震荡保护功能

1. 功能简介

链路震荡即接口的物理状态频繁变化时，会导致网络拓扑结构不断变化，给系统带来额外的开销。例如，在主备链路场景中，当主链路的接口物理状态频繁 UP/DOWN 时，业务将在主备链路之间来回切换，增加了设备的负担。为了解决该问题，设备提供了链路震荡保护功能。

配置本功能后，当接口状态从 UP 变为 DOWN 时，系统会启动链路震荡检查。在链路震荡检查时间间隔内，如果该接口状态从 UP 变为 DOWN 的次数大于等于链路震荡次数阀值，则关闭该接口。

2. 配置限制和指导

只有系统视图下和接口视图下同时开启链路震荡保护功能后，接口的链路震荡保护功能才能生效。

为了避免 IRF 物理链路震荡影响 IRF 系统稳定性，IRF 物理端口缺省开启本功能且开启状态不受全局链路震荡保护功能开启状态影响。当 IRF 物理链路在检查时间间隔内震荡次数超过阈值，设备将打印日志信息，但不会关闭 IRF 物理端口。

以太网接口上不能同时配置 **dampening** 命令、**link-delay** 命令和 **port link-flap protect enable** 命令。

接口因链路频繁震荡被关闭后，不会自动恢复，需要用户执行 **undo shutdown** 命令手工恢复。

使用 **display interface** 命令显示接口信息时，如果 Current state 字段的取值为 Link-Flap DOWN，则表示该接口因链路频繁震荡被关闭了。

仅 Release 6127 及以上版本，支持配置本功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启全局链路震荡保护功能。

link-flap protect enable

缺省情况下，链路震荡功能处于关闭状态。

(3) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 开启接口链路震荡保护功能。

port link-flap protect enable [**interval** *interval* | **threshold** *threshold*] *

缺省情况下，链路震荡功能处于关闭状态。

1.3.8 配置广播/组播/未知单播风暴抑制功能

1. 功能简介

在接口上配置了广播/组播/未知单播风暴抑制功能后，当接口上的广播/组播/未知单播流量超过用户设置的抑制阈值时，系统会丢弃超出流量限制的报文，从而使接口的广播/组播/未知单播流量降低到限定范围内，保证网络业务的正常运行。

二层以太网接口上，风暴抑制也可通过设置流量阈值来控制，与风暴抑制功能不同的是，流量阈值控制是通过软件对报文流量进行抑制，对设备性能有一定影响；风暴抑制功能是通过芯片物理上对报文流量进行抑制，相对流量阈值来说，对设备性能影响较小。

2. 配置限制和指导

对于同一类型（广播、组播或未知单播）的报文流量，请不要同时配置风暴抑制功能和流量阀值，以免配置冲突，导致抑制效果不确定。关于流量阈值的详细描述，请参见“1.4.3 配置以太网接口流量阈值控制功能”。

当风暴抑制阈值配置为 **kbps** 时，若配置值小于 64，则实际生效的数值为 64；若配置值大于 64 但不是 64 的整数倍，则实际生效的数值为大于且最接近于配置值的 64 的整数倍。请注意查看设备的提示信息。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启端口广播风暴抑制功能，并设置广播风暴抑制阈值。

broadcast-suppression { *ratio* | **pps** *max-pps* | **kbps** *max-kbps* }

缺省情况下，所有接口不对广播流量进行抑制。

(4) 开启端口组播风暴抑制功能，并设置组播风暴抑制阈值。

multicast-suppression { *ratio* | **pps** *max-pps* | **kbps** *max-kbps* }

缺省情况下，所有接口不对组播流量进行抑制。

(5) 开启端口未知单播风暴抑制功能，并设置未知单播风暴抑制阈值。

unicast-suppression { *ratio* | **pps** *max-pps* | **kbps** *max-kbps* }

缺省情况下，所有接口不对未知单播流量进行抑制。

1.3.9 配置以太网接口的流量控制功能

1. 功能简介

以太网接口流量控制功能的基本原理是：如果本端设备发生拥塞，将通知对端设备暂时停止发送报文；对端设备收到该消息后将暂时停止向本端发送报文；反之亦然。从而避免了报文丢失现象的发生。

- 配置 **flow-control** 命令后，设备具有发送和接收流量控制报文的能力：
  - 当本端发生拥塞时，设备会向对端发送流量控制报文。
  - 当本端收到对端的流量控制报文后，会停止报文发送。
- 配置 **flow-control receive enable** 命令后，设备具有接收流量控制报文的能力，但不具有发送流量控制报文的能力。
  - 当本端收到对端的流量控制报文，会停止向对端发送报文。
  - 当本端发生拥塞时，设备不能向对端发送流量控制报文。

因此，如果要应对单向网络拥塞的情况，可以在一端配置 **flow-control receive enable**，在对端配置 **flow-control**；如果要求本端和对端网络拥塞都能处理，则两端都必须配置 **flow-control**。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置以太网接口的流量控制功能。请选择其中一项进行配置。

- 开启以太网接口的流量控制功能。

  flow-control

- 配置以太网接口的接收流量功能。

  flow-control receive enable

缺省情况下，以太网接口的流量控制功能处于关闭状态。

1.3.10 配置以太网接口节能功能

1. 功能简介

以太网接口节能功能包括 down 状态接口节能功能和 EEE（Energy Efficient Ethernet，高效节能以太网）节能功能。

配置 down 状态接口节能功能后，如果在连续一段时间（由芯片规格决定，不能通过命令行配置）内接口状态始终为 down，则系统会自动停止对该接口供电，接口自动进入节能模式；当接口状态变为 up 时，系统会自动恢复对该接口供电，接口自动进入正常模式，从而达到节能的效果。

接口开启 EEE 功能后，如果在连续一段时间（由芯片规格决定，不能通过命令行配置）内接口状态始终为 up 且没有收发任何报文，则接口自动进入低功耗模式；当接口需要收发报文时，接口又自动恢复到正常工作模式，从而达到节能的效果。

2. 配置限制和指导

光口不支持本功能。

3. 配置down状态接口节能功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启 down 状态接口节能功能。

port auto-power-down

缺省情况下，down 状态接口节能功能处于关闭状态。

4. 开启EEE节能功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启 EEE 节能功能。

eee enable

缺省情况下，EEE 节能功能处于关闭状态。

1.3.11 配置以太网接口统计信息的时间间隔

1. 功能简介

使用本特性可以设置统计以太网接口报文信息的时间间隔。使用 **display interface** 命令可以显示端口在该间隔时间内统计的报文信息。使用 **reset counters interface** 命令可以清除端口的统计信息。

2. 在以太网接口视图下配置以太网接口统计信息的时间间隔

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置接口统计信息的时间间隔。

flow-interval *interval*

缺省情况下，接口统计报文信息的时间间隔为 300 秒。

1.3.12 开启以太网接口的环回功能

1. 功能简介

该功能用于检测以太网转发通路能否正常工作。环回功能包括内部环回和外部环回：

- 内部环回：配置内部环回后，接口将需要从接口转发出去的报文返回给设备内部，让报文向内部线路环回。内部环回用于定位设备是否故障。
- 外部环回：配置外部环回后，接口将需要从接口转发出去的报文通过自环装置返回给本端设备。外部环回用于定位端口硬件功能是否故障。

2. 配置限制和指导

对以太网接口进行环回测试时，接口将不能正常转发数据包。

手工关闭以太网接口（接口状态显示为 ADM 或者 Administratively DOWN）时，则不能进行内部和外部环回测试。

在进行环回测试时系统将禁止在接口上进行 **speed**、**duplex**、**mdix-mode** 和 **shutdown** 命令的配置。

开启环回功能后，接口将自动切换到全双工模式，关闭环回功能后会自动恢复原有双工模式。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启以太网接口的环回功能。

loopback { **external** | **internal** }

1.3.13 恢复接口的缺省配置

1. 配置限制和指导

注意

接口下的某些配置恢复到缺省情况后，会对设备上当前运行的业务产生影响。建议您在执行本配置前，完全了解其对网络产生的影响。

您可以在执行 **default** 命令后通过 **display this** 命令确认执行效果。对于未能成功恢复缺省的配置，建议您查阅相关功能的命令手册，手工执行恢复该配置缺省情况的命令。如果操作仍然不能成功，您可以通过设备的提示信息定位原因。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 恢复接口的缺省配置。

default

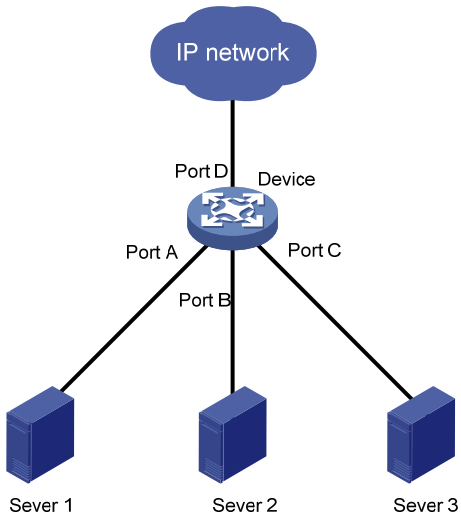
1.4 二层以太网接口的配置

1.4.1 配置以太网接口自协商速率

1. 功能简介

通常情况下，设备以太网接口速率是通过和对端自协商决定的。协商得到的速率可以是接口速率能力范围内的任意一个速率。通过配置自协商速率可以让以太网接口在能力范围内只协商部分速率，从而可以控制速率的协商。

图1-2 以太网接口自协商速率应用示意图



如 图 1-2 所示，服务器群（Server 1、Server 2 和Server 3）通过Device与外部网络相连，该服务器群中每台服务器的网卡速率均为 1000Mbps，Device与外部网络相连接口Port D的速率也为1000Mbps。如果在Switch A上不指定自协商速率范围，则接口Port A、Port B和Port C与各服务器网卡进行速率协商的结果将均为1000Mbps，这样就可能造成出接口Port D的拥塞。在这种情况下，可通过将接口Port A、Port B和Port C的自协商速率范围分别设置为100Mbps，来避免出接口的拥塞。

2. 配置限制和指导

如果多次使用**speed**、**speed auto**命令设置接口的速率，则最新配置生效。关于**speed**命令的详细介绍，请参见“1.3.2 以太网接口基本配置”。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 设置以太网接口的自协商速率范围。

speed auto { **10** | **100** | **1000** } *

缺省情况下，未配置以太网接口的自协商速率范围。

1.4.2 配置以太网接口的MDIX模式

说明

光口不支持本特性。

1. 功能简介

物理以太网接口由 8 个引脚组成。缺省情况下，每个引脚都有专门的作用，例如，使用引脚 1 和 2 接收信号，引脚 3 和 6 发送信号。为了配合以太网接口支持使用直通线缆和交叉线缆，设备实现了三种 MDIX（Media-dependent Interface-crossover）模式：**automdix**、**mdi** 和 **mdix**。通过配置以太网接口的 MDIX 模式，可以改变引脚在通信中的作用：

- 当配置为 **mdix** 模式时，使用引脚 1 和 2 接收信号，使用引脚 3 和 6 发送信号；
- 当配置为 **mdi** 模式时，使用引脚 1 和 2 发送信号，使用引脚 3 和 6 接收信号；
- 当配置为 **automdix** 模式时，两端设备通过协商来决定引脚 1 和 2 是发送还是接收信号，引脚 3 和 6 是接收还是发送信号。

说明

物理以太网接口的引脚 4、5、7、8 不受该特性限制。

十兆和百兆速率接口，引脚 4、5、7、8 不收发信号。

千兆速率及以上接口，引脚 4、5、7、8 用来收发信号。

2. 配置限制和指导

只有将设备的发送引脚连接到对端的接收引脚后才能正常通信，所以 MDIX 模式需要和两种线缆配合使用。

- 通常情况下，建议用户使用 **automdix** 模式。只有当设备不能获取网线类型参数时，才需要将模式手工指定为 **mdi** 或 **mdix**。
- 当使用直通线缆时，两端设备的 MDIX 模式配置不能相同。
- 当使用交叉线缆时，两端设备的 MDIX 模式配置必须相同或者至少有一端设置为 **automdix** 模式。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 设置以太网接口的 MDIX 模式。

mdix-mode { **automdix** | **mdi** | **mdix** }

缺省情况下，以太网接口的 MDIX 模式为 **automdix**。

1.4.3 配置以太网接口流量阈值控制功能

1. 功能简介

端口流量阈值控制功能用于控制以太网上的报文风暴。启用该功能的端口会定时检测到达端口的未知单播报文流量、组播报文流量和广播报文流量。如果某类报文流量超过预先设置的上限阈值时，用户可以通过配置来决定是阻塞该端口还是关闭该端口，以及是否输出 Log 和 Trap 信息。

- 配置成 block 方式：当端口上未知单播、组播或广播报文中某类报文的流量大于其上限阈值时，端口将暂停转发该类报文（其它类型报文照常转发），端口处于阻塞状态，但仍会统计该类报文的流量。当该类报文的流量小于其下限阈值时，端口将自动恢复对此类报文的转发。
- 配置成 shutdown 方式：当端口上未知单播、组播或广播报文中某类报文的流量大于其上限阈值时，端口将被关闭，系统停止转发所有报文。当该类报文的流量小于其下限阈值时，端口状态不会自动恢复，此时可通过执行 **undo shutdown** 命令或取消端口上流量阈值的配置来恢复。

本特性实现中系统需要一个完整的周期（周期长度为 *seconds*）来收集流量数据，下一个周期分析数据、采取相应的控制措施。因此，开启端口流量阈值控制功能后，如果报文流量超过预先设置的上限阈值，控制动作最短将在一个周期后执行，最长不会超过两个周期。

与风暴抑制功能相比，流量阈值控制是通过软件对报文流量进行抑制，对设备性能有一定影响；风暴抑制功能是通过芯片物理上对报文流量进行抑制，相对流量阈值来说，对设备性能影响较小。关于风暴抑制功能的详细描述请参见“1.3.8 配置广播/组播/未知单播风暴抑制功能”。

2. 配置限制和指导

对于同一类型（广播、组播或未知单播）的报文流量，请不要同时配置风暴抑制功能和流量阀值，以免配置冲突，导致抑制效果不确定。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) （可选）配置端口流量统计时间间隔。

storm-constrain interval *interval*

缺省情况下，端口流量统计时间间隔为 10 秒。

为了保持网络状态的稳定，建议设置的流量统计时间间隔不低于 10 秒。

(3) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 开启端口流量阈值控制功能，并设置上限阈值与下限阈值。

storm-constrain { **broadcast** | **multicast** | **unicast** } { **pps** | **kbps** | **ratio** } *upperlimit lowerlimit*

缺省情况下，端口流量阈值控制功能处于关闭状态，即端口不进行流量阈值控制。

(5) 配置端口流量大于上限阈值的控制动作。

storm-constrain control { **block** | **shutdown** }

缺省情况下，端口不进行流量阈值控制。

(6) 配置端口流量从小于等于上限阈值到大于上限阈值或者从超上限回落到小于下限阈值时输出 Log 信息。

storm-constrain enable log

缺省情况下，端口流量从小于等于上限阈值到大于上限阈值或者从超上限回落到小于下限阈值时输出 Log 信息。

(7) 配置端口流量从小于等于上限阈值到大于上限阈值或者从超上限回落到小于下限阈值时输出 Trap 信息。

storm-constrain enable trap

缺省情况下，端口流量从小于等于上限阈值到大于上限阈值或者从超上限回落到小于下限阈值时输出 Trap 信息。

1.4.4 检测以太网接口的连接电缆

说明

光口不支持本特性。

1. 功能简介

通过以下配置任务，用户可以检测设备上以太网接口连接电缆的当前状况，系统将在 5 秒内返回检测结果。检测内容包括电缆的状态以及一些物理参数，同时可以检测出故障线缆的长度。

2. 配置限制和指导

当以太网接口处于UP状态，速率为1000M时，使用本命令对连接电缆进行检测的结果不是太准确。不支持速率为 10M/100M 情况下的测试，测试结果是无效值。

当通过 **shutdown** 命令手工关闭以太网接口后，无法使用本命令对连接电缆进行检测。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 对以太网接口连接电缆进行一次检测。

virtual-cable-test

1.4.5 配置以太网桥功能

1. 功能简介

缺省情况下，设备收到报文后会根据报文特征查找报文出接口，如果该报文出接口和入接口为同一接口，则将报文丢弃。在二层以太网接口上开启本功能后，即使报文出接口和入接口为同一接口，也会对报文进行转发。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置以太网接口桥功能。

port bridge enable

缺省情况下，以太网接口的桥功能处于关闭状态。

1.5 以太网接口显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后接口的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除接口统计信息。

表1-1 以太网接口显示和维护

操作	命令
显示接口的流量统计信息	**display counters** { **inbound** | **outbound** } **interface** [*interface-type* [*interface-number*]]
显示最近一个抽样间隔内处于up状态的接口的报文速率统计信息	**display counters rate** { **inbound** | **outbound** } **interface** [*interface-type* [*interface-number*]]
显示以太网软件模块收发报文的统计信息	**display ethernet statistics slot** *slot-number*
显示接口的运行状态和相关信息	**display interface** [*interface-type* [*interface-number*]] [**brief** [**description** | **down**]]
显示接口链路震荡保护功能的相关信息	**display link-flap protection** [**interface** *interface-type* [*interface-number*]]
显示接口流量控制信息	**display storm-constrain** [**broadcast** | **multicast** | **unicast**] [**interface** *interface-type interface-number*]
清除接口的统计信息	**reset counters interface** [*interface-type* [*interface-number*]]
清除以太网软件模块收发报文的统计信息	**reset ethernet statistics** [**slot** *slot-number*]

目　录

1 LoopBack接口、NULL接口和InLoopBack接口

1.1 LoopBack接口、NULL接口和InLoopBack接口简介

1.1.1 LoopBack接口简介

LoopBack 接口是一种虚拟接口。LoopBack 接口创建后，除非手工关闭该接口，否则其物理层永远处于 up 状态。鉴于这个特点，LoopBack 接口的应用非常广泛，主要表现在：

- 该接口的地址常被配置为设备产生的 IP 报文的源地址。因为 LoopBack 接口地址稳定且是单播地址，所以通常将 LoopBack 接口地址视为设备的标志。在认证或安全等服务器上设置允许或禁止携带 LoopBack 接口地址的报文通过，就相当于允许或禁止某台设备产生的报文通过，这样可以简化报文过滤规则。但需要注意的是，将 LoopBack 接口地址用于 IP 报文源地址时，需借助路由配置来确保 LoopBack 接口到对端的路由可达。另外，任何送到 LoopBack 接口的 IP 报文都会被认为是送往设备本身的，设备将不再转发这些报文。
- 该接口常用于动态路由协议。比如：在一些动态路由协议中，当没有配置 Router ID 时，将选取所有 LoopBack 接口上数值最大的 IP 地址作为 Router ID。

1.1.2 NULL接口简介

NULL 接口是一种虚拟接口。它永远处于 up 状态，但不能转发报文，也不能配置 IP 地址和链路层协议。Null 接口为设备提供了一种过滤报文的简单方法——将不需要的网络流量发送到 NULL 接口，从而免去配置 ACL 的复杂工作。比如，在路由中指定到达某一网段的下一跳为 NULL 接口，则任何送到该网段的网络数据报文都会被丢弃。

1.1.3 InLoopBack接口简介

InLoopBack 接口是一种虚拟接口。InLoopBack 接口由系统自动创建，用户不能进行配置和删除，但是可以显示，其物理层和链路层协议永远处于 up 状态。InLoopBack 接口主要用于配合实现报文的路由和转发，任何送到 InLoopBack 接口的 IP 报文都会被认为是送往设备本身的，设备将不再转发这些报文。

1.2 配置LoopBack接口

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建 LoopBack 接口并进入 LoopBack 接口视图。

interface loopback *interface-number*

(3) 配置接口描述信息。

description *text*

缺省情况下，接口描述信息为“*接口名* Interface”，比如：LoopBack1 Interface。

(4) 配置接口的期望带宽。

bandwidth *bandwidth-value*

缺省情况下，LoopBack 接口的期望带宽为 0kbps。

(5) 开启 LoopBack 接口。

undo shutdown

缺省情况下，LoopBack 接口创建后处于开启状态。

1.3 配置NULL接口

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 NULL 接口视图。

interface null 0

缺省情况下，设备上已经存在 NULL0 接口，用户不能创建也不能删除。

设备只支持 NULL0 接口，因此，NULL 接口的编号只能是 0。

(3) 配置接口描述信息。

description *text*

缺省情况下，接口描述信息为 NULL0 Interface。

1.4 恢复接口缺省配置

1. 配置限制和指导

注意

接口下的某些配置恢复到缺省情况后，会对设备上当前运行的业务产生影响。建议您在执行本配置前，完全了解其对网络产生的影响。

您可以在执行 **default** 命令后通过 **display this** 命令确认执行效果。对于未能成功恢复缺省的配置，建议您查阅相关功能的命令手册，手工执行恢复该配置缺省情况的命令。如果操作仍然不能成功，您可以通过设备的提示信息定位原因。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 LoopBack 接口或 NULL 接口视图。

- **interface loopback** *interface-number*
- **interface null 0**

(3) 恢复接口的缺省配置。

default

1.5 LoopBack接口、NULL接口和InLoopBack接口显示和维护

完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后接口的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除接口统计信息。

表1-1 LoopBack 接口、NULL 接口和 InLoopBack 接口显示和维护

操作	命令
显示InLoopBack接口的相关信息	**display interface inloopback** [**0**] [**brief** [**description** | **down**]]
显示LoopBack接口的相关信息	**display interface loopback** [*interface-number*] [**brief** [**description** | **down**]]
显示NULL接口的状态信息	**display interface null** [**0**] [**brief** [**description** | **down**]]
清除LoopBack接口的统计信息	**reset counters interface loopback** [*interface-number*]
清除NULL接口的统计信息	**reset counters interface null** [**0**]

目 录

1 接口批量配置

1.1 接口批量配置方式

当多个接口需要配置某功能（比如 **shutdown**）时，需要逐个进入接口视图，在每个接口执行一遍命令，比较繁琐。此时，可以使用接口批量配置功能，对接口进行批量配置，节省配置工作量。

在指定接口范围时，用户可指定一个带别名的接口列表或者不带别名的接口列表。不带别名的接口列表无法保存到配置中，只能使用一次；带别名的接口列表可保存的配置中，重复使用。

1.2 接口批量配置限制和指导

将多个接口进行绑定的时候，有如下要求：

- 设置为接口列表的第一个接口之前，需要确保可以通过 **interface** *interface-type interface-number* 命令进入该接口视图。
- 聚合口加入批量接口时，建议不要将该聚合口的成员接口也加入，否则在批量接口配置视图下执行某些配置命令时，可能会导致聚合分裂。
- 批量接口包含的接口数量没有上限，仅受系统资源限制。接口数量较多时，在批量接口配置视图下执行命令等待的时间将较长。
- 系统中支持的批量接口别名的个数没有上限，仅受系统资源限制。推荐用户配置 1000 个以下，配置数量过多，可能引起该特性执行效率降低。

在接口批量配置视图下配置时，有如下约定：

- 在接口批量配置视图下，只能执行接口列表中第一个接口支持的命令，不能执行第一个接口不支持但其它成员接口支持的命令。（接口列表中的第一个接口指的是执行 **interface range** 命令时指定的接口按照字母序从小到大排序后的第一个接口）。在接口批量配置视图下，输入问号并回车，将显示该视图下支持的所有命令。
- 在接口批量配置视图下执行命令，会在绑定的所有接口下执行该命令。出现以下情况时请注意：
  - 当命令执行完成后，系统提示配置失败并保持在接口批量配置视图，如果配置失败的接口是接口列表的第一个接口，则表示列表中的所有接口都未配置该命令；如果配置失败的接口是其它接口，则表示除了提示失败的接口外，其它接口都已经配置成功。
  - 如果命令执行完成后，退回到系统视图，则表示这条命令在接口视图和系统视图下都支持，并且在列表中的某个接口上配置失败，在系统视图下配置成功，列表中位于这个接口后面的接口不再执行该命令。此时，可到列表中各接口的视图下使用 **display this** 命令验证配置效果，同时如果不需要在系统视图下配置该命令的话，请使用相应的 **undo** 命令取消该配置。

1.3 批量配置接口

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 指定接口范围，并进入接口批量配置视图。

- 指定一个不带别名的接口列表。

  interface range { *interface-type interface-number* [**to** *interface-type interface-number*] } &<1-24>

- 指定一个带别名的接口列表。

  interface range name *name* [**interface** { *interface-type interface-number* [**to** *interface-type interface-number*] } &<1-24>]

(3) （可选）键入问号显示该视图下支持的所有命令。

```
?
```

(4) 执行接口列表中第一个接口支持的命令。

(5) （可选）显示接口列表中第一个接口当前生效的配置。

```
display this
```

1.4 接口批量配置显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后批量接口的信息。

表1-1 接口批量配置显示和维护

操作	命令
显示通过**interface range name**命令创建的批量接口的信息	**display interface range** [**name** *name*]

目 录

1 MAC地址表

1.1 MAC地址表简介

MAC（Media Access Control，媒体访问控制）地址表记录了 MAC 地址与接口的对应关系，以及接口所属的 VLAN 等信息。设备在转发报文时，根据报文的目的 MAC 地址查询 MAC 地址表，如果MAC地址表中包含与报文目的MAC地址对应的表项，则直接通过该表项中的出接口转发该报文；如果 MAC 地址表中没有包含报文目的 MAC 地址对应的表项时，设备将采取广播方式通过对应 VLAN 内除接收接口外的所有接口转发该报文。

1.1.1 MAC地址表项的生成方式

MAC 地址表项的生成方式有两种：自动生成、手工配置。

1. 自动生成MAC地址表项

一般情况下，MAC 地址表由设备通过源 MAC 地址学习自动生成。设备学习 MAC 地址的过程如下：

- 从某接口（假设为接口 A）收到一个数据帧，设备分析该数据帧的源 MAC 地址（假设为 MAC-SOURCE），并认为目的 MAC 地址为 MAC-SOURCE 的报文可以由接口 A 转发。
- 如果 MAC 地址表中已经包含 MAC-SOURCE，设备将对该表项进行更新。
- 如果 MAC 地址表中尚未包含 MAC-SOURCE，设备则将这个新 MAC 地址以及该 MAC 地址对应的接口 A 作为一个新的表项加入到 MAC 地址表中。

为适应网络拓扑的变化，MAC 地址表需要不断更新。MAC 地址表中自动生成的表项并非永远有效，每一条表项都有一个生存周期，到达生存周期仍得不到刷新的表项将被删除，这个生存周期被称作老化时间。如果在到达生存周期前某表项被刷新，则重新计算该表项的老化时间。

2. 手工配置MAC地址表项

设备通过源 MAC 地址学习自动生成 MAC 地址表时，无法区分合法用户和非法用户的报文，带来了安全隐患。如果非法用户将攻击报文的源 MAC 地址伪装成合法用户的 MAC 地址，并从设备的其他接口进入，设备就会学习到错误的 MAC 地址表项，于是将本应转发给合法用户的报文转发给非法用户。

为了提高安全性，网络管理员可手工在 MAC 地址表中加入特定 MAC 地址表项，将用户设备与接口绑定，从而防止非法用户骗取数据。

1.1.2 MAC地址表项的分类

MAC 地址表项分为以下几种：

- 静态 MAC 地址表项：由用户手工配置，用于目的是某个 MAC 地址的报文从对应接口转发出去，表项不老化。静态 MAC 地址表项优先级高于自动生成的 MAC 地址表项。
- 动态 MAC 地址表项：可以由用户手工配置，也可以由设备通过源 MAC 地址学习自动生成，用于目的是某个 MAC 地址的报文从对应接口转发出去，表项有老化时间。手工配置的动态 MAC 地址表项优先级等于自动生成的 MAC 地址表项。

- 黑洞 MAC 地址表项：由用户手工配置，用于丢弃源 MAC 地址或目的 MAC 地址为指定 MAC 地址的报文（例如，出于安全考虑，可以禁止某个用户发送和接收报文），表项不老化。黑洞 MAC 地址表项优先级高于自动生成的 MAC 地址表项。
- 多端口单播 MAC 地址表项：由用户手工配置，用于目的是某个单播 MAC 地址的报文从多个接口复制转发出去，表项不老化。多端口单播 MAC 地址表项优先级高于自动生成的 MAC 地址表项。

静态 MAC 地址表项、黑洞 MAC 地址表项和多端口单播 MAC 地址表项不会被动态 MAC 地址表项覆盖，而动态 MAC 地址表项可以被静态 MAC 地址表项、黑洞 MAC 地址表项覆盖。静态 MAC 地址表项、黑洞 MAC 地址表项和多端口单播 MAC 地址表项不会彼此覆盖。

多端口单播 MAC 地址表项不影响对应 MAC 地址的动态学习，对于同一 MAC 地址，多端口单播 MAC 地址表项和动态 MAC 地址表项可以同时存在，优先根据多端口单播 MAC 地址转发报文。

本章不涉及静态组播 MAC 地址表项。有关静态组播 MAC 地址表项的相关介绍和配置内容，请参见“IP 组播配置指导”中的“IGMP Snooping”。

1.2 MAC地址表配置任务简介

本章中的所有配置均为可选，请根据实际情况选择配置。

- 手工配置MAC地址表项
  - 配置静态/动态MAC地址表项
  - 配置黑洞MAC地址表项
  - 配置多端口单播MAC地址表项
- 配置动态MAC地址表项的老化时间
- 配置 MAC 地址学习功能
  - 关闭MAC地址学习功能
  - 配置MAC地址数学习上限
  - 配置当达到MAC地址数学习上限时的报文转发规则
- 配置MAC地址迁移上报和抑制功能
- 配置快速更新ARP表项功能
- 开启MAC地址表告警功能

1.3 手工配置MAC地址表项

1.3.1 功能简介

配置 MAC 地址表项后，当设备收到的报文的源 MAC 地址与配置表项中的 MAC 地址相同时，不同类型的 MAC 地址表项处理方式不同。

表1-1 不同类型 MAC 地址表项对源 MAC 地址匹配报文的处理方式

MAC 地址表项类型	报文源 MAC 地址与配置表项中的 MAC 地址相同
静态MAC地址表项	不检查报文入接口与表项中的接口是否相同，直接根据目的MAC地址转发该报文

MAC 地址表项类型	报文源 MAC 地址与配置表项中的 MAC 地址相同
多端口单播MAC地址表项	进行MAC地址学习，生成动态MAC地址表项（假设源MAC为MAC A,），并转发该报文。但是，当设备转发目的MAC为MAC A的报文时，由于多端口单播MAC地址表项优先级高于自动生成的MAC地址表项，报文根据多端口单播MAC地址表项转发，不根据生成的动态MAC地址表项转发
黑洞MAC地址表项	丢弃该报文
动态MAC地址表项	• 如果报文入接口与该表项中的接口不同，则进行 MAC 地址学习，并覆盖该表项 • 如果报文入接口与该表项中的接口相同，则转发该报文，并更新该表项老化时间

1.3.2 配置限制和指导

在手工配置动态MAC地址表项时，如果MAC地址表中已经存在MAC地址相匹配的自动生成表项，但该表项的接口与配置不符，那么该手工配置覆盖自动生成表项。

如果不保存配置，设备重启后所有手工配置的 MAC 地址表项都会丢失；如果保存配置，设备重启后手工配置的静态 MAC 地址表项、黑洞 MAC 地址表项和多端口单播 MAC 地址表项不会丢失，手工配置的动态 MAC 地址表项会丢失。

1.3.3 配置准备

手工配置 MAC 地址表项时，必须先创建指定接口所属的 VLAN，否则配置失败。

1.3.4 配置静态/动态MAC地址表项

1. 系统视图下配置静态/动态MAC地址表项

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 添加或者修改静态/动态 MAC 地址表项。

mac-address { **dynamic** | **static** } *mac-address* **interface** *interface-type interface-number* **vlan** *vlan-id*

缺省情况下，未配置静态/动态 MAC 地址表项。

interface 参数指定的接口必须属于 ***vlan-id*** 参数指定的 VLAN。

2. 接口视图下配置静态/动态MAC地址表项

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 在接口下添加或者修改静态/动态 MAC 地址表项。

mac-address { **dynamic** | **static** } *mac-address* **vlan** *vlan-id*

缺省情况下，接口下未配置静态/动态 MAC 地址表项。

当前接口必须属于 *vlan-id* 参数指定的 VLAN。

1.3.5 配置黑洞MAC地址表项

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 添加或者修改黑洞 MAC 地址表项。

mac-address blackhole *mac-address* **vlan** *vlan-id*

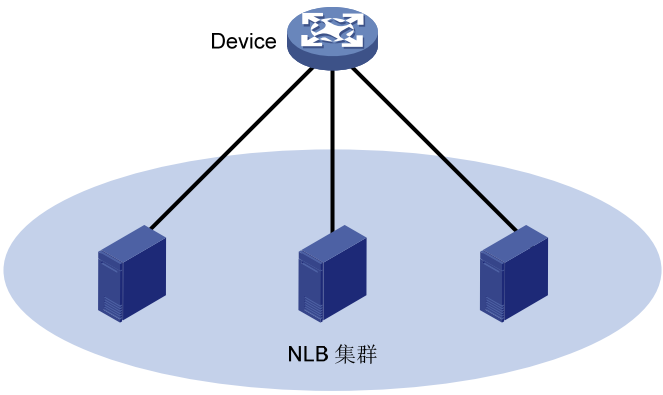
缺省情况下，未配置黑洞 MAC 地址表项。

1.3.6 配置多端口单播MAC地址表项

1. 功能简介

网络管理员可手工配置多端口单播MAC地址表项，将多个端口和单播MAC地址绑定，以实现目的地址匹配该MAC地址的报文通过多个端口复制转发出去。例如，如 图 1-1 在NLB（Network Load Balancing，网络负载均衡）集群的单播模式下，所有服务器使用一个共同的MAC地址（该MAC地址为集群MAC地址），发往集群MAC地址的报文要求发送到每一台服务器，这时可以在连接服务器组的设备上配置多端口单播MAC地址表项，把客户端发往服务器组的报文从所有连接服务器的端口转发出去。

图1-1 NLB 集群



2. 系统视图下配置多端口单播MAC地址表项

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置多端口单播 MAC 地址表项。

mac-address multiport *mac-address* **interface** *interface-list* **vlan** *vlan-id*

缺省情况下，未配置多端口单播 MAC 地址表项。

interface 参数指定的接口必须属于 *vlan-id* 参数指定的 VLAN。

3. 接口视图下配置多端口单播MAC地址表项

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置接口加入多端口单播 MAC 地址表项。

mac-address multiport *mac-address* **vlan** *vlan-id*

缺省情况下，接口下未配置多端口单播 MAC 地址表项。

当前接口必须属于 *vlan-id* 参数指定的 VLAN。

1.4 配置动态MAC地址表项的老化时间

1. 功能简介

当网络拓扑改变后，如果动态 MAC 地址表项不及时更新，会导致用户流量不能正常转发。配置动态 MAC 地址表项的老化时间后，超过老化时间的动态 MAC 地址表项会被自动删除，设备将重新进行 MAC 地址学习，构建新的动态 MAC 地址表项。

用户配置的老化时间过长或者过短，都可能影响设备的运行性能：

- 如果用户配置的老化时间过长，设备可能会保存许多过时的 MAC 地址表项，从而耗尽 MAC 地址表资源，导致设备无法根据网络的变化更新 MAC 地址表。
- 如果用户配置的老化时间太短，设备可能会删除有效的 MAC 地址表项，导致设备广播大量的数据报文，增加网络的负担。

用户需要根据实际情况，配置合适的老化时间。如果网络比较稳定，可以将老化时间配置得长一些或者配置为不老化；否则，可以将老化时间配置得短一些。比如在一个比较稳定的网络，如果长时间没有流量，动态 MAC 地址表项会被全部删除，可能导致设备突然广播大量的数据报文，造成安全隐患，此时可将动态 MAC 地址表项的老化时间设得长一些或不老化，以减少广播，增加网络稳定性和安全性。

动态 MAC 地址表项的老化时间作用于全部接口上。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置动态 MAC 地址表项的老化时间。

mac-address timer { **aging** *seconds* | **no-aging** }

缺省情况下，动态 MAC 地址表项的老化时间为 300 秒。

1.5 关闭MAC地址学习功能

1.5.1 功能简介

缺省情况下，MAC 地址学习功能处于开启状态。有时为了保证设备的安全，需要关闭 MAC 地址学习功能。常见的危及设备安全的情况是：非法用户使用大量源 MAC 地址不同的报文攻击设备，导致设备 MAC 地址表资源耗尽，造成设备无法根据网络的变化更新 MAC 地址表。关闭 MAC 地址学习功能可以有效防止这种攻击。

关闭 MAC 地址学习功能后，设备立即删除已经存在的动态 MAC 地址表项。

1.5.2 关闭全局的MAC地址学习功能

1. 配置限制和指导

关闭全局的 MAC 地址学习功能后，接口将不再学习新的 MAC 地址。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 关闭全局的 MAC 地址学习功能。

undo mac-address mac-learning enable

缺省情况下，全局的 MAC 地址学习功能处于开启状态。

1.5.3 关闭接口的MAC地址学习功能

1. 功能简介

在开启全局的 MAC 地址学习功能的前提下，用户可以关闭设备上单个接口的 MAC 地址学习功能。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 关闭接口的 MAC 地址学习功能。

undo mac-address mac-learning enable

缺省情况下，接口的 MAC 地址学习功能处于开启状态。

1.5.4 关闭VLAN的MAC地址学习功能

1. 功能简介

在开启全局的 MAC 地址学习功能的前提下，用户可以关闭设备上指定 VLAN 的 MAC 地址学习功能。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 VLAN 视图。

vlan *vlan-id*

(3) 关闭 VLAN 的 MAC 地址学习功能。

undo mac-address mac-learning enable

缺省情况下，VLAN 的 MAC 地址学习功能处于开启状态。

1.6 配置MAC地址数学习上限

1.6.1 配置接口的MAC地址数学习上限

1. 功能简介

通过配置接口的 MAC 地址数学习上限，用户可以控制设备维护的 MAC 地址表的表项数量。如果 MAC 地址表过于庞大，可能导致设备的转发性能下降。当接口学习到的 MAC 地址数达到上限时，该接口将不再对 MAC 地址进行学习。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置接口的 MAC 地址数学习上限。

mac-address max-mac-count *count*

缺省情况下，接口未配置 MAC 地址数学习上限。

1.7 配置当达到MAC地址数学习上限时的报文转发规则

1.7.1 功能简介

当学习到的 MAC 地址数达到上限时，用户可以选择是否允许系统转发源 MAC 不在 MAC 地址表里的报文。

1.7.2 配置当达到接口的MAC地址数学习上限时的报文转发规则

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置当达到接口的 MAC 地址数学习上限时，允许转发源 MAC 地址不在 MAC 地址表里的报文。

mac-address max-mac-count enable-forwarding

缺省情况下，当达到接口的 MAC 地址数学习上限时，允许转发源 MAC 地址不在 MAC 地址表里的报文。

1.8 配置MAC地址迁移上报和抑制功能

1. 功能简介

MAC 地址迁移是指：设备从某接口（假设接口 A）学习到某 MAC 地址，之后从另一接口（假设接口 B）接收到了以该 MAC 地址为源 MAC 地址的报文，且接口 B 与接口 A 所属的 VLAN 相同，则该 MAC 地址表项的出接口改为接口 B，此时认为该 MAC 地址从接口 A 迁移到接口 B。

如果 MAC 地址迁移频繁出现，且同一 MAC 地址总是在特定的两个接口之间迁移，那么网络中可能存在二层环路。可以通过 **display mac-address mac-move** 命令查看 MAC 地址迁移记录，发现和定位环路。

当监测到某端口频繁迁移时，用户可以通过配置 MAC 地址迁移抑制功能，使频繁迁移的端口 down，一定时间后该端口将自行恢复 up，或者用户通过手动方式将该端口 up。

2. 配置限制和指导

配置 **mac-address notification mac-move** 命令后，系统采用 Syslog 方式上报 MAC 地址迁移信息到信息中心模块，如果同时通过 **snmp-agent trap enable mac-address** 命令开启 MAC 地址表的告警功能，系统还会采用 Trap 信息上报 MAC 地址迁移信息到 SNMP 模块。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启 MAC 地址迁移上报功能。

mac-address notification mac-move [**interval** *interval*]

缺省情况下，MAC 地址迁移上报功能处于关闭状态。

(3) （可选）配置 MAC 地址迁移抑制功能的相关参数。

mac-address notification mac-move suppression { **interval** *interval* | **threshold** *threshold* }

缺省情况下，MAC 地址迁移抑制时间间隔为 30 秒、阈值为 3 次。

配置本命令后，当接口上开启了 MAC 地址迁移抑制功能时，本命令配置的参数才能生效。

(4) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(5) 开启接口上的 MAC 地址迁移抑制功能。

mac-address notification mac-move suppression

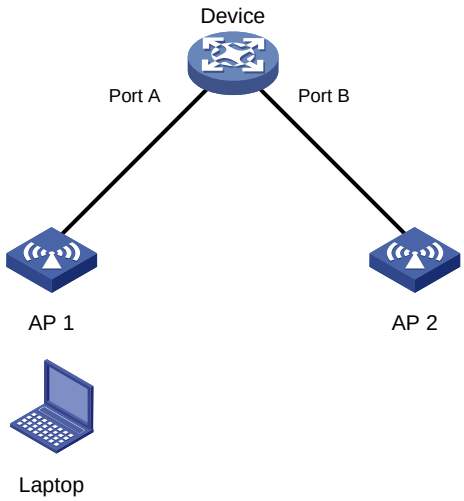
缺省情况下，MAC 地址迁移抑制功能处于关闭状态。

1.9 配置快速更新ARP表项功能

1. 功能简介

如 图 1-2 所示，Laptop经常在无线站点AP 1 和AP 2 之间漫游，导致Device上记录的Laptop的MAC地址与出端口的对应关系经常发生改变，但是Device上的ARP表项不会立即更新，影响到数据业务的正常转发。

图1-2 MAC 地址迁移后 ARP 表项不能更新



配置快速更新 ARP 表项后，如果交换机上记录的 MAC 地址与出端口的对应关系发生改变，系统会立刻更新 ARP 表项，保证了数据业务的不间断转发。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启在 MAC 地址迁移后，快速更新 ARP 表项功能。

mac-address mac-move fast-update

缺省情况下，在 MAC 地址迁移后，快速更新 ARP 表项功能处于关闭状态。

1.10 开启MAC地址表告警功能

1. 功能简介

开启 MAC 地址表的告警功能后，MAC 地址表模块会生成告警信息，用于报告该模块的重要事件。生成的告警信息将发送到设备的 SNMP 模块，请通过设置 SNMP 中告警信息的发送参数，来决定告警信息输出的相关属性。

关闭 MAC 地址表的告警功能后，设备将只发送日志信息到信息中心模块，此时请配置信息中心的输出规则和输出方向来查看 MAC 地址表模块的日志信息。

有关 SNMP 和信息中心的详细介绍，请参见“网络管理和监控配置指导”中的“SNMP”和“信息中心”。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启 MAC 地址表的告警功能。

snmp-agent trap enable mac-address [**mac-move**]

缺省情况下，MAC 地址表的告警功能处于开启状态。

当 MAC 地址表的告警功能关闭后，将采用 Syslog 方式上报信息。

1.11 MAC地址表显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 MAC 地址表的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-2 MAC 地址表显示和维护

操作	命令
显示MAC地址表信息	**display mac-address** [*mac-address* [**vlan** *vlan-id*] | [[**dynamic** | **static**] [**interface** *interface-type interface-number*] | **blackhole** | **multiport**] [**vlan** *vlan-id*] [**count**]]
显示MAC地址表动态表项的老化时间	**display mac-address aging-time**
显示MAC地址学习功能的开启状态	**display mac-address mac-learning** [**interface** *interface-type interface-number*]
显示MAC地址迁移记录	**display mac-address mac-move [slot slot-number]**
显示MAC地址表的统计信息	**display mac-address statistics**

1.12 MAC地址表典型配置举例

1.12.1 MAC地址表基本功能配置举例

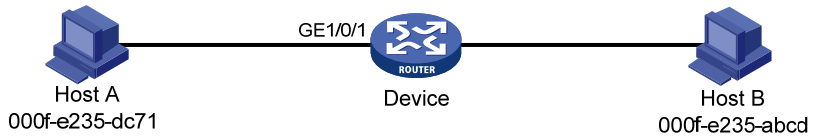
1. 组网需求

- 现有一台用户主机，它的 MAC 地址为 000f-e235-dc71，属于 VLAN 1，连接 Device 的端口 GigabitEthernet1/0/1。为防止假冒身份的非法用户骗取数据，在设备的 MAC 地址表中为该用户主机添加一条静态表项。
- 另有一台用户主机，它的 MAC 地址为 000f-e235-abcd，属于 VLAN 1。由于该用户主机曾经接入网络进行非法操作，为了避免此种情况再次发生，在设备上添加一条黑洞 MAC 地址表项，使该用户主机接收不到报文。

- 配置设备的动态 MAC 地址表项老化时间为 500 秒。

2. 组网图

图1-3 MAC 地址表基本功能配置组网图



3. 配置步骤

增加一个静态 MAC 地址表项，目的地址为 000f-e235-dc71，出接口为 GigabitEthernet1/0/1，且该接口属于 VLAN 1。

```
<Device> system-view
[Device] mac-address static 000f-e235-dc71 interface gigabitethernet 1/0/1 vlan 1
```

增加一个黑洞 MAC 地址表项，地址为 000f-e235-abcd，属于 VLAN 1。

```
[Device] mac-address blackhole 000f-e235-abcd vlan 1
```

配置动态 MAC 地址表项的老化时间为 500 秒。

```
[Device] mac-address timer aging 500
```

4. 验证配置

查看端口 GigabitEthernet1/0/1 上的静态 MAC 地址表项信息。

```
[Device] display mac-address static interface gigabitethernet 1/0/1
MAC Address      VLAN ID    State           Port/Nickname           Aging
000f-e235-dc71   1          Static          GE1/0/1                 N
```

查看黑洞 MAC 地址表信息。

```
[Device] display mac-address blackhole
MAC Address      VLAN ID    State           Port/Nickname           Aging
000f-e235-abcd   1          Blackhole       N/A                     N
```

查看动态 MAC 地址表项的老化时间。

```
[Device] display mac-address aging-time
MAC address aging time: 500s.
```

2 MAC Information

2.1 MAC Information简介

由于 MAC 地址能唯一标识一个网络用户，MAC Information 功能通过监控接口学习和删除 MAC 地址表项，可以对用户加入和离开网络进行跟踪。具体机制为：当接口学习到一条新的 MAC 地址表项或删除一条已有 MAC 地址表项时，设备会将该 MAC 地址变化信息写入缓冲队列。当设定的发送 MAC 变化通知的时间间隔到期，设备立即发送记录了 MAC 地址变化信息的日志或 SNMP 告警信息。信息接收端通过对日志或 SNMP 告警信息进行分析，实现对网络中的用户进行监控，同时为分析网络的使用情况提供依据。

2.2 开启MAC Information功能

1. 配置限制和指导

必须同时开启全局和接口的 MAC Information 功能，MAC Information 功能才会生效。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启全局 MAC Information 功能。

mac-address information enable

缺省情况下，全局 MAC Information 功能处于关闭状态。

(3) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 开启接口的 MAC Information 功能。

mac-address information enable { **added** | **deleted** }

缺省情况下，接口的 MAC Information 功能处于关闭状态。

2.3 配置发送MAC变化通知的方式

1. 功能简介

发送 MAC 变化通知的方式有两种：

- Syslog 方式：通过发送日志信息通知 MAC 地址的变化。采用该方式时，日志信息会被发送到设备的信息中心，由信息中心发送到监控终端。有关信息中心的详细介绍及相关配置，请参见“网络管理和监控配置指导”中的“信息中心”。
- Trap 方式：通过发送 SNMP 告警信息通知 MAC 地址的变化。采用该方式时，需要通过 SNMP 将 SNMP 告警信息发送到 NMS。有关 SNMP 的详细介绍及相关配置，请参见“网络管理和监控配置指导”中的“SNMP”。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置发送 MAC 变化通知的方式。

mac-address information mode { **syslog** | **trap** }

缺省情况下，采用 Trap 方式发送 MAC 变化通知。

2.4 配置发送MAC变化通知的时间间隔

1. 功能简介

为了防止过于频繁地发送 MAC 变化通知干扰用户，用户可以修改发送 MAC 变化通知的时间间隔。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置发送 MAC 变化通知的时间间隔。

mac-address information interval *interval-time*

缺省情况下，发送 MAC 变化通知的时间间隔为 1 秒。

2.5 配置MAC Information缓存队列长度

1. 功能简介

MAC Information 缓存队列长度是否为 0 对应着不同的处理方式：

- 如果 MAC Information 缓存队列长度为 0，则当接口学习到或删除一条 MAC 地址表项时会立即发送日志或 SNMP 告警信息。
- 如果 MAC Information 缓存队列长度不为 0，则将 MAC 地址变化信息存放在缓存队列中。当未达到发送 MAC 变化通知的时间间隔，此时若缓存队列被写满，新的 MAC 地址变化信息将覆盖缓存队列中最后一条写入的信息；当达到发送 MAC 变化通知的时间间隔时，不论此时缓存队列是否已被写满，都发送日志或 SNMP 告警信息。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 MAC Information 缓存队列长度。

mac-address information queue-length *value*

缺省情况下，MAC Information 缓存队列长度为 50。

2.6 MAC Information典型配置举例

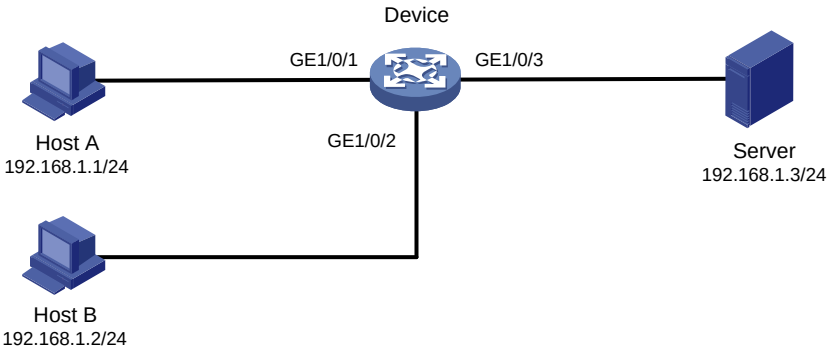
2.6.1 MAC Information基本功能配置举例

1. 组网需求

- Host A 与远端服务器 Server 通过 Device 相连。
- 在 Device 的端口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 MAC Information 功能，Device 将端口 GigabitEthernet1/0/1 上的 MAC 地址添加或删除信息利用 Syslog 方式通过端口 GigabitEthernet1/0/2 发送给日志主机 Host B，Host B 可以对接收到的日志信息进行分析。

2. 组网图

图2-1 MAC Information 基本功能配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device 可以将日志信息发送到 Host B

开启信息中心。

```
<Device> system-view
[Device] info-center enable
```

配置发送日志信息到 IP 地址为 192.168.1.2/24 的日志主机，日志主机记录工具为 local4。

```
[Device] info-center loghost 192.168.1.2 facility local4
```

关闭 loghost 方向所有模块日志信息的输出开关。

```
[Device] info-center source default loghost deny
```

说明

由于系统对各方向允许输出的日志信息的缺省情况不一样，所以配置前必须将所有模块指定方向（本例为 loghost）上日志信息的输出开关关闭，再根据当前的需求配置输出规则，以免输出太多不需要的信息。

配置输出规则：允许 MAC 地址表模块的、等级高于等于 informational 的日志信息输出到日志主机。

```
[Device] info-center source mac loghost level informational
```

(2) 日志主机 Host B 上的配置

下面以 Solaris 操作系统上的配置为例介绍日志主机上的配置，在其他厂商的 Unix 操作系统上的配置操作基本类似。

第一步：以超级用户的身份登录日志主机。

第二步：在/var/log/路径下为 Device 创建同名日志文件夹 Device，在该文件夹创建文件 info.log，用来存储来自 Device 的日志。

```
# mkdir /var/log/Device
# touch /var/log/Device/info.log
```

第三步：编辑/etc/路径下的文件 syslog.conf，添加以下内容。

```
# Device configuration messages
local4.info /var/log/Device/info.log
```

以上配置中，local4 表示日志主机接收日志的工具名称，info 表示信息等级。Unix 系统会把等级高于等于 informational 的日志记录到/var/log/Device/info.log 文件中。

 说明

在编辑/etc/syslog.conf 时应注意以下问题:

- 注释必须独立成行，并以字符#开头。
- 在文件名之后不得有多余的空格。
- /etc/syslog.conf 中指定的工具名称及信息等级与 Device 上 **info-center loghost** 和 **info-center source** 命令的相应参数的指定值要保持一致，否则日志信息可能无法正确输出到日志主机上。

第四步：查看系统守护进程 syslogd 的进程号，中止 syslogd 进程，并重新用-r 选项在后台启动 syslogd，使修改后配置生效。

```
# ps -ae | grep syslogd
147
# kill -HUP 147
# syslogd -r &
```

进行以上操作之后，Device 的日志信息会输出到 Host B，Host B 会将这些日志信息存储到相应的文件中了。

(3) 配置 MAC Information 功能

开启全局 MAC Information 功能。

```
[Device] mac-address information enable
```

配置采用 Syslog 方式发送 MAC 变化通知。

```
[Device] mac-address information mode syslog
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/1 的 MAC Information 功能，使该接口在学习到和删除 MAC 地址时记录 MAC 变化信息。

```
[Device] interface gigabitethernet 1/0/1
[Device-GigabitEthernet1/0/1] mac-address information enable added
[Device-GigabitEthernet1/0/1] mac-address information enable deleted
[Device-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置 MAC Information 缓存队列长度为 100。

```
[Device] mac-address information queue-length 100
```

配置发送 MAC 变化通知的时间间隔为 20 秒。

```
[Device] mac-address information interval 20
```

目 录

1 以太网链路聚合

1.1 以太网链路聚合简介

以太网链路聚合通过将多条以太网物理链路捆绑在一起形成一条以太网逻辑链路，实现增加链路带宽的目的，同时这些捆绑在一起的链路通过相互动态备份，可以有效地提高链路的可靠性。

1.1.1 以太网链路聚合应用场景

如 图 1-1 所示，Device A与Device B之间通过三条以太网物理链路相连，将这三条链路捆绑在一起，就成为了一条逻辑链路Link aggregation 1。这条逻辑链路的带宽最大可等于三条以太网物理链路的带宽总和，增加了链路的带宽；同时，这三条以太网物理链路相互备份，当其中某条物理链路down，还可以通过其他两条物理链路转发报文。

图1-1 链路聚合示意图

1.1.2 聚合组、成员端口和聚合接口

链路捆绑是通过接口捆绑实现的，多个以太网接口捆绑在一起后形成一个聚合组，而这些被捆绑在一起的以太网接口就称为该聚合组的成员端口。每个聚合组唯一对应着一个逻辑接口，称为聚合接口。聚合组与聚合接口的编号是相同的，例如聚合组 1 对应于聚合接口 1。

1. 聚合组和聚合接口的类型

二层聚合组/二层聚合接口：二层聚合组的成员端口全部为二层以太网接口，其对应的聚合接口称为二层聚合接口。

聚合接口的速率和双工模式取决于对应聚合组内的选中端口（请参见“1.1.2 2. 成员端口的状态”）：聚合接口的速率等于所有选中端口的速率之和，聚合接口的双工模式则与选中端口的双工模式相同。

2. 成员端口的状态

聚合组内的成员端口具有以下三种状态：

- 选中（Selected）状态：此状态下的成员端口可以参与数据的转发，处于此状态的成员端口称为“选中端口”。
- 非选中（Unselected）状态：此状态下的成员端口不能参与数据的转发，处于此状态的成员端口称为“非选中端口”。
- 独立（Individual）状态：此状态下的成员端口可以作为普通物理口参与数据的转发。满足以下条件时，如果成员端口在经过 LACP（Link Aggregation Control Protocol，链路聚合控制协议）超时时间之后未收到 LACP 报文，则该成员端口会被置为该状态：
  - 聚合接口配置为边缘端口。

- 处于选中/非选中状态的成员端口经过一次 down、up 后，该成员端口将被置为独立状态。

1.1.3 操作Key

操作 Key 是系统在进行链路聚合时用来表征成员端口聚合能力的一个数值，它是根据成员端口上的一些信息（包括该端口的速率、双工模式等）的组合自动计算生成的，这个信息组合中任何一项的变化都会引起操作 Key 的重新计算。在同一聚合组中，所有的选中端口都必须具有相同的操作 Key。

1.1.4 配置分类

根据对成员端口状态的影响不同，成员端口上的配置可以分为以下两类：属性类配置和协议类配置。

1. 属性类配置

属性类配置包含的配置内容如 表 1-1 所示。在聚合组中，只有与对应聚合接口的属性类配置完全相同的成员端口才能够成为选中端口。

表1-1 属性类配置的内容

配置项	内容
端口隔离	端口是否加入隔离组、端口所属的端口隔离组
QinQ配置	端口的QinQ功能开启/关闭状态、VLAN Tag的TPID值、VLAN透传。关于QinQ配置的详细描述请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“QinQ”
VLAN映射	端口上配置的各种VLAN映射关系。有关VLAN映射配置的详细描述，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“VLAN映射”
VLAN配置	端口上允许通过的VLAN、端口缺省VLAN、端口的链路类型（即Trunk、Hybrid、Access类型）、端口的工作模式（即promiscuous、trunk promiscuous、host、trunk secondary模式）、基于IP子网的VLAN配置、基于协议的VLAN配置、VLAN报文是否带Tag配置。有关VLAN配置的详细描述，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“VLAN”

2. 协议类配置

协议类配置是相对于属性类配置而言的，包含的配置内容有 MAC 地址学习、生成树等。在聚合组中，即使某成员端口与对应聚合接口的协议配置存在不同，也不会影响该成员端口成为选中端口。

1.1.5 聚合模式

链路聚合分为静态聚合和动态聚合两种模式，它们各自的优点如下所示：

- 静态聚合模式：一旦配置好后，端口的选中/非选中状态就不会受网络环境的影响，比较稳定。
- 动态聚合模式：通过 LACP 协议实现，能够根据对端和本端的信息调整端口的选中/非选中状态，比较灵活。

处于静态聚合模式下的聚合组称为静态聚合组，处于动态聚合模式下的聚合组称为动态聚合组。

1.1.6 静态聚合模式

1. 选择参考端口

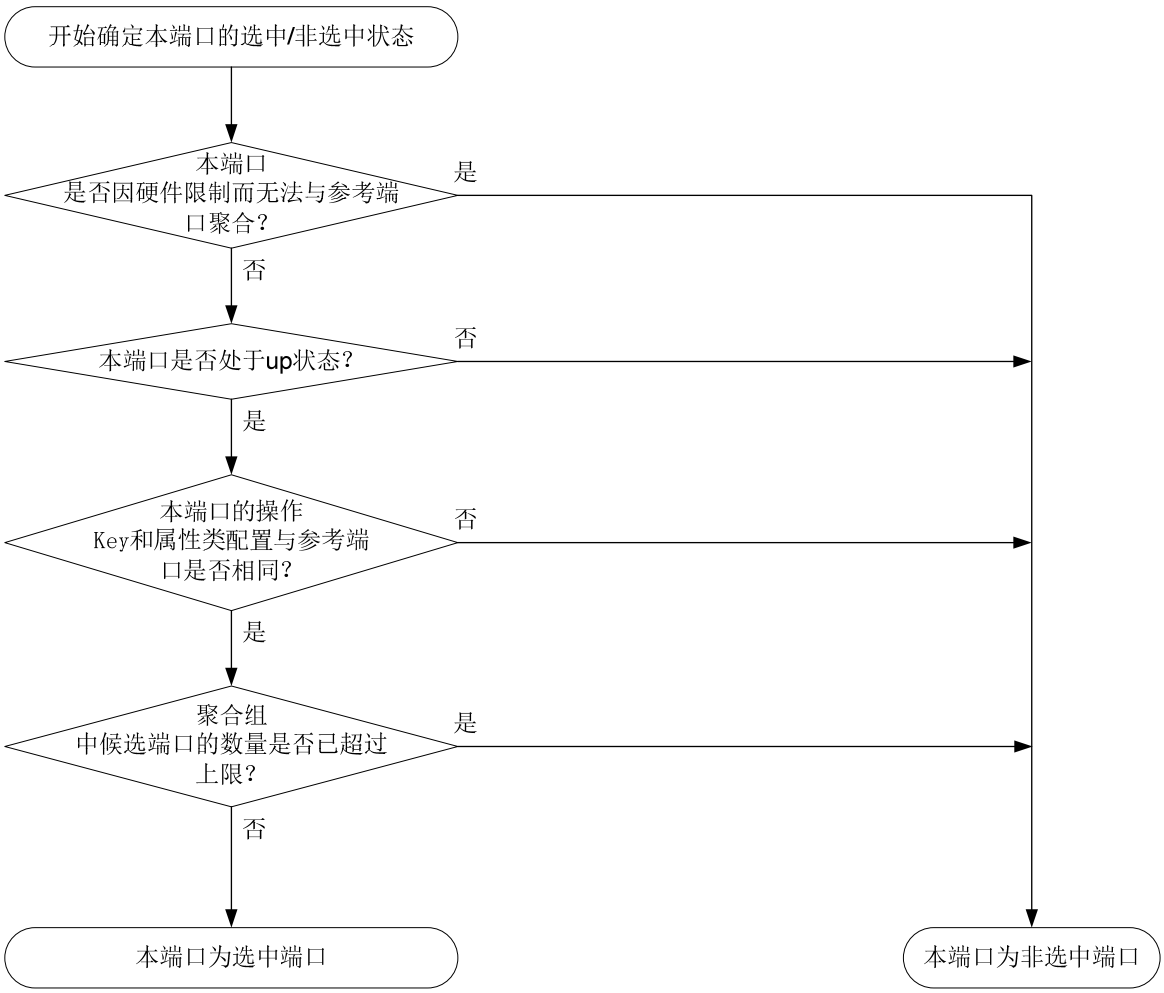
参考端口从本端的成员端口中选出，其操作 Key 和属性类配置将作为同一聚合组内的其他成员端口的参照，只有操作 Key 和属性类配置与参考端口一致的成员端口才能被选中。

对于聚合组内处于 up 状态的端口，按照端口的高端口优先级->全双工/高速率->全双工/低速率->半双工/高速率->半双工/低速率的优先次序，选择优先次序最高、且属性类配置与对应聚合接口相同的端口作为参考端口；如果多个端口优先次序相同，首先选择原来的选中端口作为参考端口；如果此时多个优先次序相同的端口都是原来的选中端口，则选择其中端口号最小的端口作为参考端口；如果多个端口优先次序相同，且都不是原来的选中端口，则选择其中端口号最小的端口作为参考端口。

2. 确定成员端口的状态

静态聚合组内成员端口状态的确定流程如 图 1-2 所示。

图1-2 静态聚合组内成员端口状态的确定流程



确定静态聚合组内成员端口状态时，需要注意：

- 当一个成员端口的操作 Key 或属性类配置改变时，其所在静态聚合组内各成员端口的选中/非选中状态可能会发生改变。
- 当静态聚合组内选中端口的数量已达到上限，对于后加入的成员端口和聚合组内选中端口的端口优先级：
  - 全部相同时，后加入的成员端口即使满足成为选中端口的所有条件，也不会立即成为选中端口。这样能够尽量维持当前选中端口上的流量不中断，但是由于设备重启时会重新计算选中端口，因此可能导致设备重启前后各成员端口的选中/非选中状态不一致。
  - 存在不同时，若后加入的成员端口的属性类配置与对应聚合接口相同，且端口优先级高于聚合组内选中端口的端口优先级，则端口优先级高的成员端口会立刻取代端口优先级低的选中端口成为新的选中端口。

1.1.7 动态聚合

1. LACP协议

动态聚合模式通过 LACP 协议实现，LACP 协议的内容及动态聚合模式的工作机制如下所述。

基于 IEEE802.3ad 标准的 LACP 协议是一种实现链路动态聚合的协议，运行该协议的设备之间通过互发 LACPDU 来交互链路聚合的相关信息。

动态聚合组内的成员端口可以收发 LACPDU（Link Aggregation Control Protocol Data Unit，链路聚合控制协议数据单元），本端通过向对端发送 LACPDU 通告本端的信息。当对端收到该 LACPDU 后，将其中的信息与所在端其他成员端口收到的信息进行比较，以选择能够处于选中状态的成员端口，使双方可以对各自接口的选中/非选中状态达成一致。

2. LACP协议的功能

LACP协议的功能分为基本功能和扩展功能两大类，如 表 1-2 所示。

表1-2 LACP 协议的功能分类

类别	说明
基本功能	利用LACPDU的基本字段可以实现LACP协议的基本功能。基本字段包含以下信息：系统LACP优先级、系统MAC地址、端口优先级、端口编号和操作Key
扩展功能	通过对LACPDU的字段进行扩展，可以实现对LACP协议的扩展。通过在扩展字段中定义一个新的TLV（Type/Length/Value，类型/长度/值）数据域，可以实现IRF（Intelligent Resilient Framework，智能弹性架构）中的LACP MAD（Multi-Active Detection，多Active检测）机制。有关IRF和LACP MAD机制的详细介绍，请参见“虚拟化技术配置指导”中的“IRF” 对于支持LACP协议扩展功能的设备来说，如果同时支持IRF，则该设备可以作为成员设备或中间设备来参与LACP MAD

3. LACP工作模式

LACP 工作模式分为 ACTIVE 和 PASSIVE 两种。

如果动态聚合组内成员端口的LACP工作模式为PASSIVE，且对端的LACP工作模式也为PASSIVE时，两端将不能发送 LACPDU。如果两端中任何一端的 LACP 工作模式为 ACTIVE 时，两端将可以发送 LACPDU。

4. LACP优先级

根据作用的不同，可以将LACP优先级分为系统LACP优先级和端口优先级两类，如 表 1-3 所示。

表1-3 LACP 优先级的分类

类别	说明	比较标准
系统LACP优先级	用于区分两端设备优先级的高低。当两端设备中的一端具有较高优先级时，另一端将根据优先级较高的一端来选择本端的选中端口，这样便使两端设备的选中端口达成了一致	优先级数值越小，优先级越高
端口优先级	用于区分各成员端口成为选中端口的优先程度	

5. LACP超时时间

LACP 超时时间是指成员端口等待接收 LACPDU 的超时时间，在 LACP 超时时间之后，如果本端成员端口仍未收到来自对端的 LACPDU，则认为对端成员端口已失效。

LACP 超时时间同时也决定了对端发送 LACPDU 的速率。LACP 超时有短超时（3 秒）和长超时（90 秒）两种。若 LACP 超时时间为短超时，则对端将快速发送 LACPDU（每 1 秒发送 1 个 LACPDU）；若 LACP 超时时间为长超时，则对端将慢速发送 LACPDU（每 30 秒发送 1 个 LACPDU）。

6. 端口加入聚合组的方式

端口加入聚合组的方式为：

- 手工动态聚合：两端设备成员端口手工加入动态聚合组。
- 半自动动态聚合：一端设备成员端口手工加入动态聚合组，另一端成员端口自动加入动态聚合组。

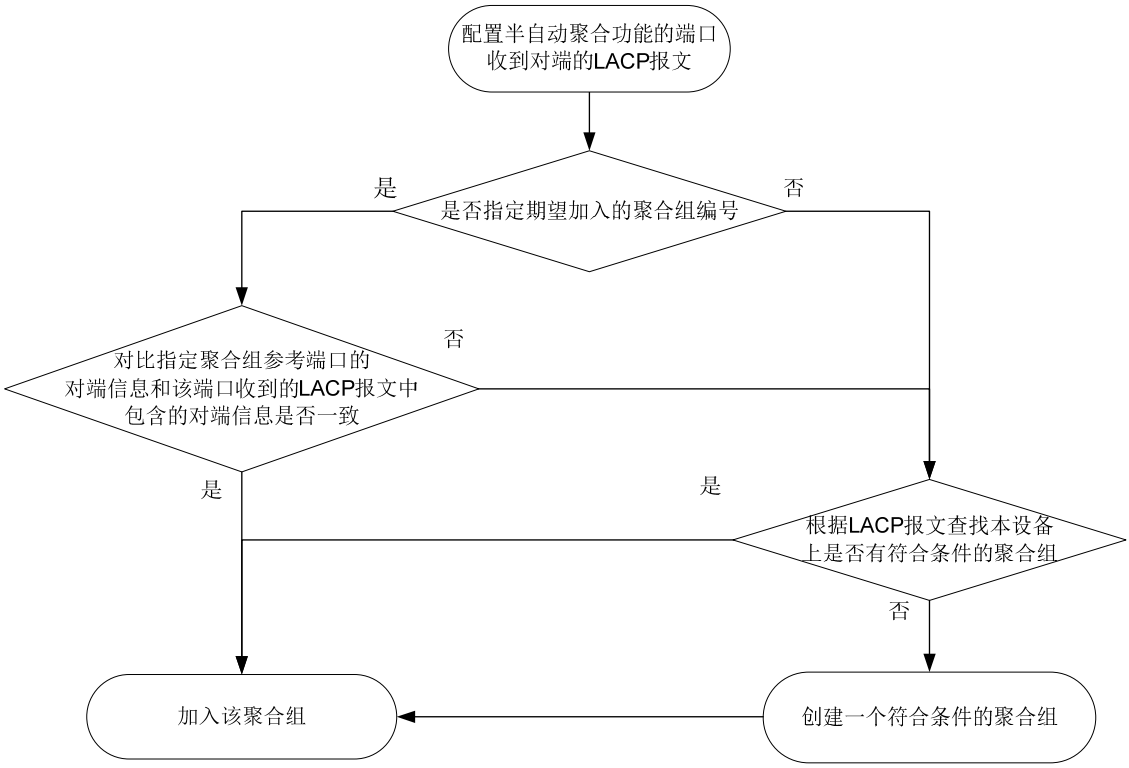
7. 半自动聚合

端口根据收到的LACP报文自动选择加入聚合组，如果本设备上没有可以加入的聚合组，设备会自动创建一个符合条件的聚合组。端口自动加入聚合组流程如 图 1-3 所示。

创建一个符合条件的聚合组时，该聚合接口会同步最先加入聚合组的成员端口的属性类配置。

端口自动加入聚合组后，该聚合组选择参考端口和确定成员端口的状态与手工动态聚合组处理方式相同，请参见“1.1.8 动态聚合模式”。

图1-3 端口自动加入聚合组流程图



1.1.8 动态聚合模式

1. 选择参考端口

参考端口从聚合链路两端处于 up 状态的成员端口中选出，其操作 Key 和属性类配置将作为同一聚合组内的其他成员端口的参照，只有操作 Key 和属性类配置与参考端口一致的成员端口才能被选中。

- 首先，从聚合链路的两端选出设备 ID（由系统的 LACP 优先级和系统的 MAC 地址共同构成）较小的一端：先比较两端的系统 LACP 优先级，优先级数值越小其设备 ID 越小；如果优先级相同再比较其系统 MAC 地址，MAC 地址越小其设备 ID 越小。
- 其次，对于设备 ID 较小的一端，再比较其聚合组内各成员端口的端口 ID（由端口优先级和端口号共同构成）：先比较端口优先级，优先级数值越小其端口 ID 越小；如果优先级相同再比较其端口号，端口号越小其端口 ID 越小。端口 ID 最小、且属性类配置与对应聚合接口相同的端口作为参考端口。

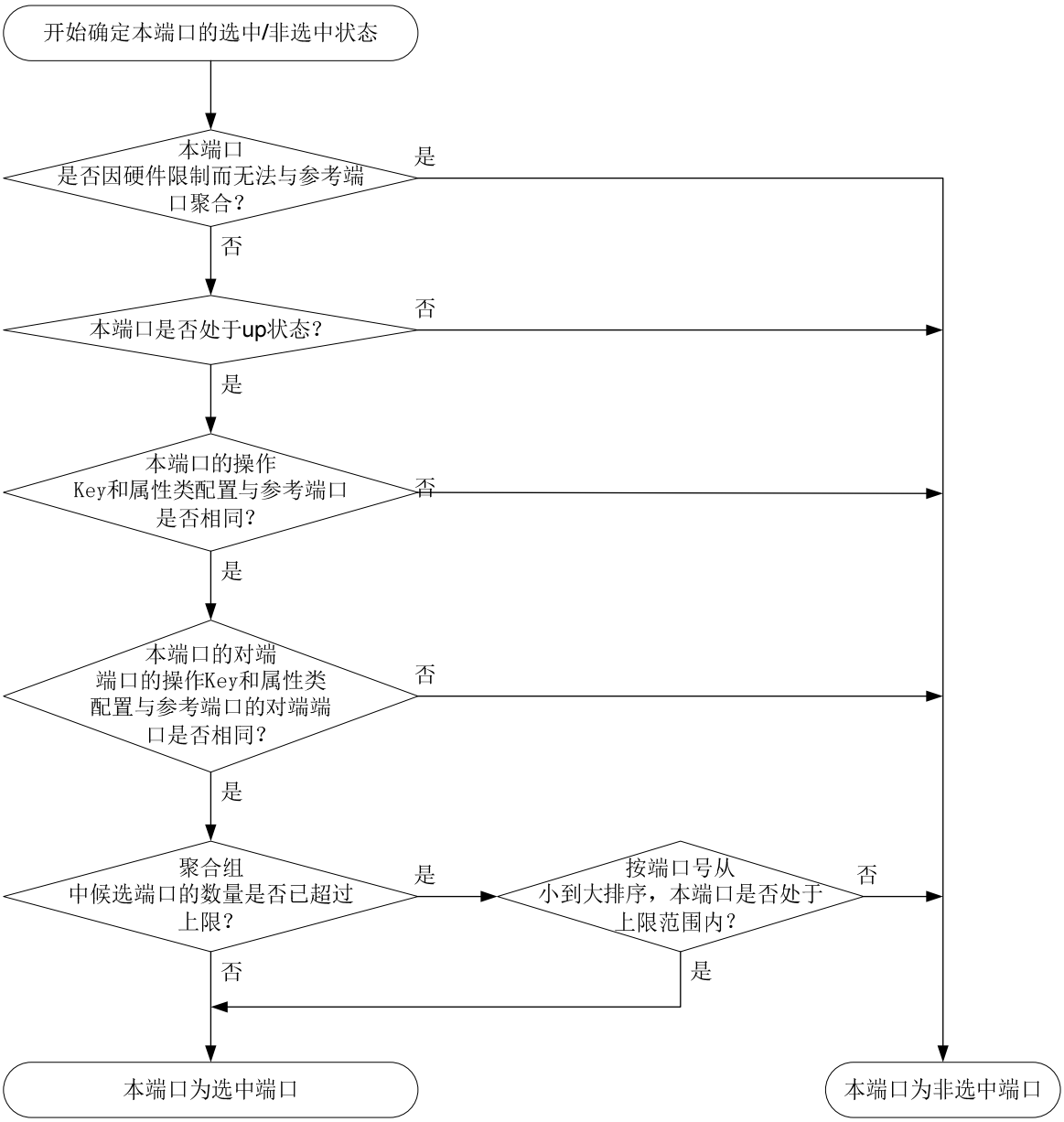
说明

端口号可以通过 **display link-aggregation verbose** 命令中的 Index 字段查看。

2. 确定成员端口的状态

在设备ID较小的一端，动态聚合组内成员端口状态的确定流程如 图 1-4 所示。

图1-4 动态聚合组内成员端口状态的确定流程



与此同时，设备 ID 较大的一端也会随着对端成员端口状态的变化，随时调整本端各成员端口的状态，以确保聚合链路两端成员端口状态的一致。

确定动态聚合组内成员端口状态时，需要注意：

- 仅全双工端口可成为选中端口。
- 当一个成员端口的操作 Key 或属性类配置改变时，其所在动态聚合组内各成员端口的选中/非选中状态可能会发生改变。
- 当本端端口的选中/非选中状态发生改变时，其对端端口的选中/非选中状态也将随之改变。
- 当动态聚合组内选中端口的数量已达到上限时，后加入的成员端口一旦满足成为选中端口的所有条件，就会立刻取代已不满足条件的端口成为选中端口。

1.1.9 聚合边缘接口

在网络设备与服务器等终端设备相连的场景中，当网络设备配置了动态聚合模式，而终端设备未配置动态聚合模式时，聚合链路不能成功建立，网络设备与该终端设备相连多条链路中只能有一条作为普通链路正常转发报文，因而链路间也不能形成备份，当该普通链路发生故障时，可能会造成报文丢失。

若要求在终端设备未配置动态聚合模式时，该终端设备与网络设备间的链路可以形成备份，可通过配置网络设备与终端设备相连的聚合接口为聚合边缘接口，使该聚合组内的所有成员端口都作为普通物理口转发报文，从而保证终端设备与网络设备间的多条链路可以相互备份，增加可靠性。当终端设备完成动态聚合模式配置时，其聚合成员端口正常发送 LACP 报文后，网络设备上符合选中条件的聚合成员端口会自动被选中，从而使聚合链路恢复正常工作。

1.1.10 聚合负载分担类型

通过采用不同的聚合负载分担类型，可以实现灵活地对聚合组内流量进行负载分担。聚合负载分担的类型可以归为以下类型：

- 逐流负载分担：按照报文的源/目的 MAC 地址、源/目的服务端口、入端口、源/目的 IP 地址中的一种或某几种的组合区分流，使属于同一数据流的报文从同一条成员链路上通过。
- 按照报文类型自动选择所采用的聚合负载分担类型。

1.2 以太网链路聚合配置任务简介

以太网链路聚合配置任务如下：

(1) 配置聚合组
   - 配置二层聚合组

(2) （可选）配置聚合接口基本参数
   - 限制聚合组内选中端口的数量
   - 配置聚合接口的描述信息
   - 配置聚合接口允许超长帧通过
   - 配置聚合接口的期望带宽
   - 配置聚合接口为聚合边缘接口

     终端设备未配置动态聚合模式时，使终端设备与网络设备间的链路可以形成备份。
   - 关闭聚合接口
   - 恢复聚合接口的缺省配置

(3) （可选）配置动态聚合组内端口速率作为优先选择参考端口的条件

(4) （可选）配置聚合负载分担
   - 配置聚合负载分担类型
   - 配置聚合负载分担采用本地转发优先

(5) （可选）配置二层聚合接口桥功能

   报文出接口和入接口为同一二层聚合接口时，从该接口转发报文，不进行丢弃。

(6) （可选）配置链路聚合与BFD联动

(7) （可选）配置聚合流量重定向功能

开启聚合流量重定向功能实现聚合链路上流量不中断。

1.3 配置聚合组

1.3.1 配置限制和指导

1. 二层聚合组限制

配置了下列功能的端口将不能加入二层聚合组：

- MAC 地址认证。有关 MAC 地址认证的详细介绍请参见“安全配置指导”中的“MAC 地址认证”。
- 端口安全。有关端口安全的详细介绍请参见“安全配置指导”中的“端口安全”。
- 802.1X。有关 802.1X 的详细介绍请参见“安全配置指导”中的“802.1X”。

2. 成员端口限制

用户删除聚合接口时，系统将自动删除对应的聚合组，且该聚合组内的所有成员端口将全部离开该聚合组。

建议不要将镜像反射端口加入聚合组，有关反射端口的详细介绍请参见“网络管理和监控配置指导”中的“端口镜像”。

3. 聚合组属性类配置和协议类配置限制

聚合接口上属性类配置发生变化时，会同步到成员端口上，同步失败时不会回退聚合接口上的配置。聚合接口配置同步到成员端口失败后，可能导致成员端口变为非选中状态，此时可以修改聚合接口或者成员端口上的配置，使成员端口重新选中。当聚合接口被删除后，同步成功的配置仍将保留在这些成员端口上。

由于成员端口上属性类配置的改变可能导致其选中/非选中状态发生变化，进而对业务产生影响，因此当在成员端口上进行此类配置时，系统将给出提示信息，由用户来决定是否继续执行该配置。

在聚合接口上所作的协议类配置，只在当前聚合接口下生效；在成员端口上所作的协议类配置，只有当该成员端口退出聚合组后才能生效。

4. 聚合模式限制

聚合链路的两端应配置相同的聚合模式。对于不同模式的聚合组，其选中端口存在如下限制：

- 对于静态聚合模式，用户需要保证在同一链路两端端口的选中/非选中状态的一致性，否则聚合功能无法正常使用。
- 对于动态聚合模式：
  - 聚合链路两端的设备会自动协商同一链路两端的端口在各自聚合组内的选中/非选中状态，用户只需保证本端聚合在一起的端口的对端也同样聚合在一起，聚合功能即可正常使用。
  - 如果聚合链路一端使用半自动动态聚合方式，则链路另外一端使用手工动态聚合方式。

1.3.2 配置二层聚合组

1. 配置二层静态聚合组

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建二层聚合接口，并进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

创建二层聚合接口后，系统将自动生成同编号的二层聚合组，且该聚合组缺省工作在静态聚合模式下。

(3) 退回系统视图。

quit

(4) 将二层以太网接口加入聚合组。

a. 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

b. 将二层以太网接口加入聚合组。

port link-aggregation group *group-id* [**force**]

多次执行此步骤可将多个二层以太网接口加入聚合组。指定 **force** 参数时，会将聚合口上的属性配置同步给该接口。

(5) （可选）配置端口优先级。

link-aggregation port-priority *priority*

缺省情况下，端口优先级为 32768。

2. 配置二层动态聚合组

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置系统的 LACP 优先级。

lacp system-priority *priority*

缺省情况下，系统的 LACP 优先级为 32768。

创建动态聚合组后，不建议修改系统的 LACP 优先级，避免影响动态聚合组成员端口的选中/非选中状态。

(3) 创建二层聚合接口，并进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

创建二层聚合接口后，系统将自动生成同编号的二层聚合组，且该聚合组缺省工作在静态聚合模式下。

(4) 配置聚合组工作在动态聚合模式下。

link-aggregation mode dynamic

缺省情况下，聚合组工作在静态聚合模式下。

(5) 退回系统视图。

quit

(6) 将二层以太网接口加入聚合组。

a. 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

b. 将二层以太网接口加入聚合组。

port link-aggregation group { *group-id* [**force**] | **auto** [*group-id*] }

多次执行此步骤可将多个二层以太网接口加入聚合组。

指定 **force** 参数时，会将聚合口上的属性配置同步给该接口。

指定 **auto** 参数时，会开启端口的半自动聚合功能。

(7) 配置端口的 LACP 工作模式。

- 配置端口的 LACP 工作模式为 PASSIVE。

  lacp mode passive

- 配置端口的 LACP 工作模式为 ACTIVE。

  undo lacp mode

缺省情况下，端口的 LACP 工作模式为 ACTIVE。

(8) （可选）配置端口优先级。

link-aggregation port-priority *priority*

缺省情况下，端口优先级为 32768。

(9) （可选）配置端口的 LACP 超时时间为短超时（3 秒）。

lacp period short

缺省情况下，端口的 LACP 超时时间为长超时（90 秒）。

1.4 配置聚合接口基本参数

本节对能够在聚合接口上进行的部分配置进行介绍。除本节所介绍的配置外，能够在二层以太网接口上进行的配置大多数也能在二层聚合接口上进行，具体配置请参见相关的配置指导。

1.4.1 限制聚合组内选中端口的数量

1. 功能简介

用户可以根据不同的使用场景，灵活修改聚合组中最大和最小选中端口数，来满足不同需求。

- 最小选中端口数应用场景

  聚合链路的带宽取决于聚合组内选中端口的数量，用户通过配置聚合组中的最小选中端口数，可以避免由于选中端口太少而造成聚合链路上的流量拥塞。当聚合组内选中端口的数量达不到配置值时，对应的聚合接口将不会 up。具体实现如下：

  - 如果聚合组内能够被选中的成员端口数小于配置值，这些成员端口都将变为非选中状态，对应聚合接口的链路状态也将变为 down。
  - 当聚合组内能够被选中的成员端口数增加至不小于配置值时，这些成员端口都将变为选中状态，对应聚合接口的链路状态也将变为 up。

- 最大选中端口数应用场景

  当配置了聚合组中的最大选中端口数之后，最大选中端口数将同时受配置值和设备硬件能力的限制，即取二者的较小值作为限制值。用户借此可实现两端口间的冗余备份：在一个聚合组中只添加两个成员端口，并配置该聚合组中的最大选中端口数为 1，这样这两个成员端口在同一时刻就只能有一个成为选中端口，而另一个将作为备份端口。

2. 配置限制和指导

本端和对端配置的聚合组中的最小/最大选中端口数必须一致。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置聚合组中的最小选中端口数。

link-aggregation selected-port minimum *min-number*

缺省情况下，聚合组中的最小选中端口数不受限制。

(4) 配置聚合组中的最大选中端口数。

link-aggregation selected-port maximum *max-number*

缺省情况下，聚合组中的最大选中端口数为 8。

1.4.2 配置聚合接口的描述信息

1. 功能简介

通过在接口上配置描述信息，可以方便网络管理员根据这些信息来区分各接口的作用。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置当前接口的描述信息。

description *text*

缺省情况下，接口的描述信息为“*接口名* Interface”。

1.4.3 配置聚合接口允许超长帧通过

1. 功能简介

聚合接口在进行文件传输等大吞吐量数据交换的时候，接口收到的长度大于 1522 字节的帧称为超长帧。

系统对于超长帧的处理如下：

- 如果系统配置了禁止超长帧通过（通过 **undo jumboframe enable** 命令配置），会直接丢弃该帧不再进行处理。
- 如果系统允许超长帧通过，当接口收到长度在指定范围内的超长帧时，系统会继续处理；当接口收到长度超过指定最大长度的超长帧时，系统会直接丢弃该帧不再进行处理。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 允许超长帧通过。

jumboframe enable [*size*]

缺省情况下，设备允许最大长度为 10240 字节的超长帧通过。

多次执行该命令配置不同的 *size* 值时，最新的配置生效。

1.4.4 配置聚合接口的期望带宽

1. 功能简介

期望带宽供业务模块使用，不会对接口实际带宽造成影响。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置当前接口的期望带宽。

bandwidth *bandwidth-value*

缺省情况下，接口的期望带宽＝接口的波特率÷1000（kbps）。

1.4.5 配置聚合接口为聚合边缘接口

1. 配置限制和指导

该配置仅在聚合接口对应的聚合组为动态聚合组时生效。

请在网络设备与服务器等终端设备相连的场景中使用边缘端口，不要在网络设备间配置边缘端口。

当聚合接口配置为聚合边缘接口后，聚合流量重定向功能将不能正常使用，聚合流量重定向功能的相关介绍请参见“1.9 配置聚合流量重定向功能”。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置聚合接口为聚合边缘接口。

lacp edge-port

缺省情况下，聚合接口不为聚合边缘接口。

1.4.6 关闭聚合接口

1. 配置限制和指导

对聚合接口的开启/关闭操作，将会影响聚合接口对应的聚合组内成员端口的选中/非选中状态和链路状态：

- 关闭聚合接口时，将使对应聚合组内所有处于选中状态的成员端口都变为非选中端口，且所有成员端口的链路状态都将变为 down。
- 开启聚合接口时，系统将重新计算对应聚合组内成员端口的选中/非选中状态。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 关闭当前接口。

shutdown

1.4.7 恢复聚合接口的缺省配置

1. 配置限制和指导

注意

接口下的某些配置恢复到缺省情况后，会对设备上当前运行的业务产生影响。建议您在执行本配置前，完全了解其对网络产生的影响。

您可以在执行 **default** 命令后通过 **display this** 命令确认执行效果。对于未能成功恢复缺省的配置，建议您查阅相关功能的命令手册，手工执行恢复该配置缺省情况的命令。如果操作仍然不能成功，您可以通过设备的提示信息定位原因。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 恢复当前聚合接口的缺省配置。

default

1.5 配置动态聚合组内端口速率作为优先选择参考端口的条件

1. 功能简介

缺省情况下，聚合组可能会将速率小的端口选择为参考端口。通过配置本功能，用户可以选择速率高的端口作为参考端口。

配置本功能后，动态聚合组内按照设备 ID->端口速率->端口 ID 的优先次序选择参考端口。

2. 配置限制和指导

本功能会改变动态聚合口的参考端口的选择条件，可能会导致短暂的业务中断。建议在业务正常传输情况下，不要随便更改参考端口的选择条件，需要修改参考端口的选择条件时，可以先关闭聚合接口，待两端配置一致后再开启该聚合接口。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入二层聚合接口视图。

```
interface bridge-aggregation interface-number
```

(3) 配置动态聚合组内端口速率作为优先选择参考端口的条件。

```
lacp select speed
```

缺省情况下，动态聚合组内以成员口的端口的端口 ID 作为优先选择参考端口的条件。

1.6 配置聚合负载分担

1.6.1 配置聚合负载分担类型

1. 功能简介

聚合负载分担类型仅支持全局配置，全局的配置对所有聚合组都有效。

聚合负载分担类型会影响到等价路由的负载分担，可能导致等价路由负载分担不均匀。

2. 配置限制和指导

目前，在系统视图下进行全局聚合负载分担类型配置，交换机只支持：

- 根据报文类型自动匹配负载分担类型；
- 根据源 IP 地址进行聚合负载分担；
- 根据目的 IP 地址进行聚合负载分担；
- 根据源 MAC 地址进行聚合负载分担；
- 根据目的 MAC 地址进行聚合负载分担；
- 根据报文入端口进行聚合负载分担;
- 根据源 IP 地址与目的 IP 地址进行聚合负载分担；
- 根据源 IP 地址与源端口进行聚合负载分担；
- 根据目的 IP 地址与目的端口进行聚合负载分担；
- 根据源 IP 地址、源端口、目的 IP 地址与目的端口进行聚合负载分担；
- 根据报文入端口、源 MAC 地址、目的 MAC 地址之间不同的组合进行聚合负载分担。

3. 全局配置聚合负载分担类型

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 配置全局采用的聚合负载分担类型。

link-aggregation global load-sharing mode { **destination-ip** | **destination-mac** | **destination-port** | **ingress-port** | **source-ip** | **source-mac** | **source-port** } *

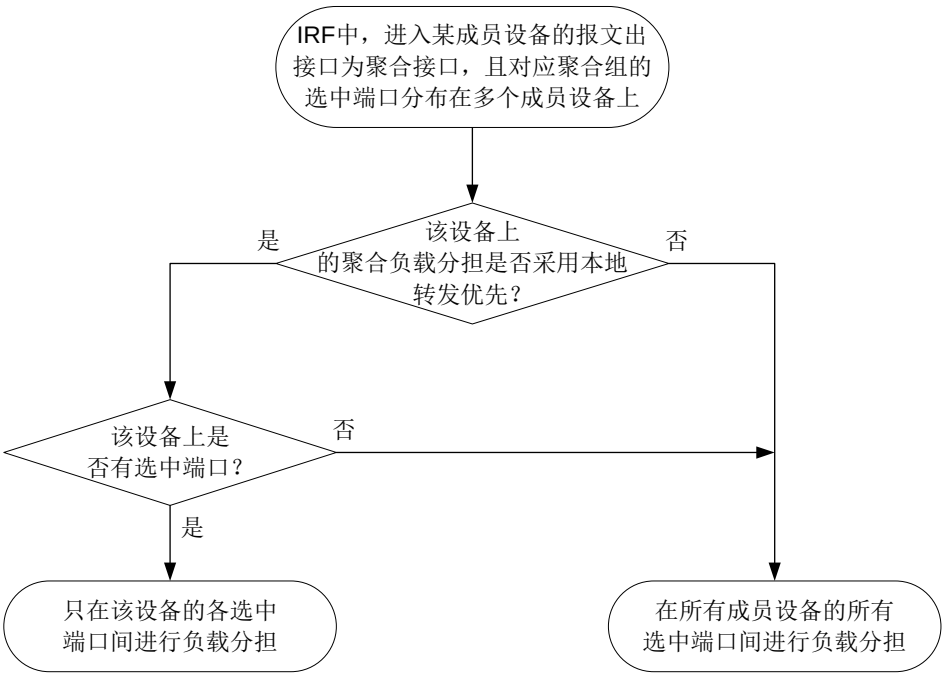
缺省情况下，系统按照源 IP 地址、目的 IP 地、源 MAC 地址和目的 MAC 地址进行负载分担。

1.6.2 配置聚合负载分担采用本地转发优先

1. 功能简介

配置聚合负载分担采用本地转发优先机制可以降低数据流量对IRF物理端口之间链路的冲击，IRF中成员设备间聚合负载分担处理流程如 图 1-5 所示。有关IRF的详细介绍，请参见“虚拟化技术配置指导”中的“IRF”。

图1-5 IRF 中成员设备间聚合负载分担处理流程



2. 配置全局的聚合负载分担采用本地转发优先

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置全局的聚合负载分担采用本地转发优先。

link-aggregation load-sharing mode local-first

缺省情况下，聚合负载分担采用本地转发优先。

1.7 配置二层聚合接口桥功能

1. 功能简介

缺省情况下，设备收到报文后会根据报文特征查找报文出接口，如果该报文出接口和入接口为同一接口，则将报文丢弃。在二层聚合接口上开启本功能后，如果该报文出接口和入接口为同一接口，则从该接口转发报文。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置二层聚合接口桥功能。

port bridge enable

缺省情况下，二层聚合接口的桥功能处于关闭状态。

1.8 配置链路聚合与BFD联动

1. 功能简介

链路聚合分为静态聚合和动态聚合两种模式，当链路发生故障时，静态聚合组没有检测机制来响应链路故障；动态聚合组通过 LACP 来判断链路状况，但这种方式不能快速响应链路故障。链路聚合使用 BFD（Bidirectional Forwarding Detection，双向转发检测），能够为聚合组选中端口间的链路提供快速检测功能。通过为选中端口创建 BFD 会话来实现对成员链路故障的快速检测。当链路发生故障时，该功能能够快速使双方对各自接口的选中/非选中状态达成一致。关于 BFD 的介绍和基本功能配置，请参见“可靠性配置指导”中的“BFD”。

- 静态聚合：如果 BFD 检测到链路故障，系统会通知聚合模块对端不可达，将该链路连接端口的选中状态修改为非选中状态，BFD 会话保留，并且会继续发送 BFD 报文；当故障链路恢复，能收到对端发送来的 BFD 报文时，系统会再通知聚合模块对端可达，端口又恢复为选中状态。即配置此功能后静态聚合链路不会出现一端为选中状态，另一端为非选中状态的情况。
- 动态聚合：如果 BFD 检测到链路故障，系统会通知聚合模块对端不可达，然后拆除 BFD 会话，并停止发送 BFD 报文；当故障链路恢复，通过 LACP 协议重新建立选中链路关系，并重建 BFD 会话，然后通知聚合模块对端已可达。从而使动态聚合组中成员端口选中状态快速收敛。

2. 配置限制和指导

配置链路聚合与 BFD 联动时，需要注意：

- 两端聚合接口的 BFD 会话源地址和目的地址必须成对配置，且源地址和目的地址为不同的单播地址（0.0.0.0 除外）。例如本端聚合接口配置 **link-aggregation bfd ipv4 source** 1.1.1.1 **destination** 2.2.2.2 时，对端聚合接口要配置 **link-aggregation bfd ipv4 source** 2.2.2.2 **destination** 1.1.1.1 后，才能正确建立起 BFD 会话。
- 在聚合接口下配置的 BFD 会话参数，会对该聚合组内所有选中链路的 BFD 会话生效，链路聚合的 BFD 会话不支持 echo 功能和查询模式。
- 开启链路聚合的 BFD 功能后，不建议在该聚合接口上再开启其他应用与 BFD 联动。

- 开启链路聚合的 BFD 功能后，请配置聚合组中的成员端口数量不大于设备支持的 BFD 会话数量，否则可能导致聚合组内部分选中端口变为非选中状态。
- 如果聚合链路两端 BFD 会话数量不一致，请检查聚合链路两端的最大选中端口数配置是否一致。如果不一致，请将两端的最大端口数配置为一致。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 开启链路聚合的 BFD 功能。

link-aggregation bfd ipv4 source *ip-address* **destination** *ip-address*

缺省情况下，链路聚合的 BFD 功能处于关闭状态。

1.9 配置聚合流量重定向功能

1.9.1 功能简介

在开启了聚合流量重定向功能后，当手工关闭聚合组内某选中端口或重启聚合组内某选中端口所在的 slot 时，系统可以将该端口上的流量重定向到其他选中端口上，从而实现聚合链路上流量的不中断。其中，已知单播报文可以实现零丢包，非已知单播报文不保证不丢包。聚合流量重定向过程中，对于聚合组中新选中的端口，流量不会重定向到该端口上。

聚合流量重定向功能支持全局配置或在聚合组内配置两种方式：全局的配置对所有聚合组都有效，而聚合组内的配置只对当前聚合组有效。对于一个聚合组来说，优先采用该聚合组内的配置，只有该聚合组内未进行配置时，才采用全局的配置。

1.9.2 配置限制和指导

必须在聚合链路两端都开启聚合流量重定向功能才能实现聚合链路上流量的不中断。

如果同时开启聚合流量重定向功能和生成树功能，在重启单板/设备时会出现少量的丢包，因此不建议同时开启上述两个功能。

当聚合接口配置为聚合边缘接口后，聚合流量重定向功能将不能正常使用。

只有动态聚合组支持聚合流量重定向功能。

建议优先选择开启聚合接口的聚合流量重定向功能。开启全局的聚合流量重定向功能时，如果有连接其它厂商设备的聚合接口，可能影响该聚合组的正常通信。

1.9.3 配置全局的聚合流量重定向功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启聚合流量重定向功能。

link-aggregation lacp traffic-redirect-notification enable

缺省情况下，聚合流量重定向功能处于关闭状态。

1.9.4 配置聚合接口的聚合流量重定向功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 开启聚合流量重定向功能。

link-aggregation lacp traffic-redirect-notification enable

缺省情况下，聚合流量重定向功能处于关闭状态。

1.10 以太网链路聚合显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后以太网链路聚合的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除端口的 LACP 和聚合接口上的统计信息。

表1-4 以太网链路聚合显示和维护

操作	命令
显示聚合接口的相关信息	**display interface** [**bridge-aggregation** [*interface-number*]] [**brief** [**description** | **down**]]
显示本端系统的设备ID	**display lacp system-id**
显示全局或聚合组内采用的聚合负载分担类型	**display link-aggregation load-sharing mode** [**interface** [**bridge-aggregation** *interface-number*]]
显示成员端口上链路聚合的详细信息	**display link-aggregation member-port** [*interface-list* | **auto**]
显示所有聚合组的摘要信息	**display link-aggregation summary**
显示已有聚合接口所对应聚合组的详细信息	**display link-aggregation verbose** [**bridge-aggregation** [*interface-number*]]
清除聚合接口上的统计信息	**reset counters interface** [**bridge-aggregation** [*interface-number*]]
清除成员端口上的LACP统计信息	**reset lacp statistics** [**interface** *interface-list*]

1.11 以太网链路聚合典型配置举例

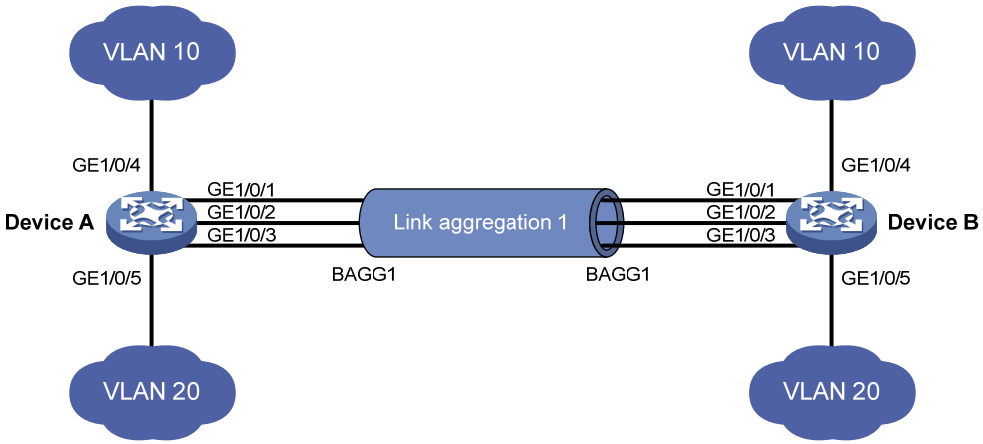
1.11.1 二层静态聚合配置举例

1. 组网需求

- Device A 与 Device B 通过各自的二层以太网接口 GigabitEthernet1/0/1～GigabitEthernet1/0/3 相互连接。
- 在 Device A 和 Device B 上分别配置二层静态链路聚合组，并实现设备间 VLAN 10 和 VLAN 20 分别互通。

2. 组网图

图1-6 二层静态聚合配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device A

创建 VLAN 10，并将端口 GigabitEthernet1/0/4 加入到该 VLAN 中。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] port gigabitethernet 1/0/4
[DeviceA-vlan10] quit
```

创建 VLAN 20，并将端口 GigabitEthernet1/0/5 加入到该 VLAN 中。

```
[DeviceA] vlan 20
[DeviceA-vlan20] port gigabitethernet 1/0/5
[DeviceA-vlan20] quit
```

创建二层聚合接口 1。

```
[DeviceA] interface bridge-aggregation 1
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] quit
```

分别将端口 GigabitEthernet1/0/1 至 GigabitEthernet1/0/3 加入到聚合组 1 中。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-aggregation group 1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port link-aggregation group 1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port link-aggregation group 1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

配置二层聚合接口 1 为 Trunk 端口，并允许 VLAN 10 和 20 的报文通过。

```
[DeviceA] interface bridge-aggregation 1
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] port link-type trunk
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] port trunk permit vlan 10 20
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] quit
```

(2) 配置 Device B

Device B 的配置与 Device A 相似，配置过程略。

4. 验证配置

查看 Device A 上所有聚合组的详细信息。

```
[DeviceA] display link-aggregation verbose
Loadsharing Type: Shar -- Loadsharing, NonS -- Non-Loadsharing
Port Status: S -- Selected, U -- Unselected, I -- Individual
Port: A -- Auto port, M -- Management port, R -- Reference port
Flags:  A -- LACP_Activity, B -- LACP_Timeout, C -- Aggregation,
        D -- Synchronization, E -- Collecting, F -- Distributing,
        G -- Defaulted, H -- Expired

Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Aggregation Mode: Static
Loadsharing Type: Shar
Management VLANs: None
  Port             Status  Priority Oper-Key
  GE1/0/1(R)       S       32768    1
  GE1/0/2          S       32768    1
  GE1/0/3          S       32768    1
```

以上信息表明，聚合组 1 为负载分担类型的二层静态聚合组，包含有三个选中端口。

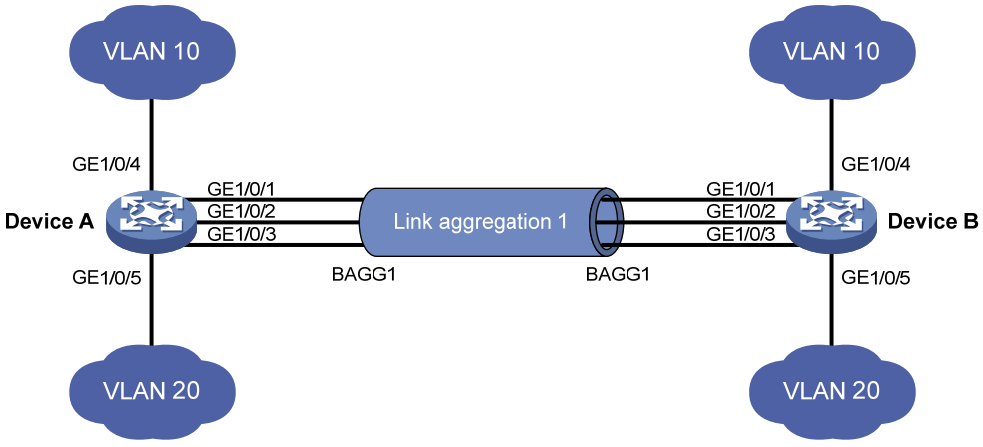
1.11.2 二层动态聚合配置举例

1. 组网需求

- Device A 与 Device B 通过各自的二层以太网接口 GigabitEthernet1/0/1～GigabitEthernet1/0/3 相互连接。
- 在 Device A 和 Device B 上分别配置二层动态链路聚合组，并实现设备间 VLAN 10 和 VLAN 20 分别互通。

2. 组网图

图1-7 二层动态聚合配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device A

创建 VLAN 10，并将端口 GigabitEthernet1/0/4 加入到该 VLAN 中。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] port gigabitethernet 1/0/4
[DeviceA-vlan10] quit
```

创建 VLAN 20，并将端口 GigabitEthernet1/0/5 加入到该 VLAN 中。

```
[DeviceA] vlan 20
[DeviceA-vlan20] port gigabitethernet 1/0/5
[DeviceA-vlan20] quit
```

创建二层聚合接口 1，并配置该接口为动态聚合模式。

```
[DeviceA] interface bridge-aggregation 1
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] link-aggregation mode dynamic
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] quit
```

分别将端口 GigabitEthernet1/0/1 至 GigabitEthernet1/0/3 加入到聚合组 1 中。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-aggregation group 1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port link-aggregation group 1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port link-aggregation group 1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

配置二层聚合接口 1 为 Trunk 端口，并允许 VLAN 10 和 20 的报文通过。

```
[DeviceA] interface bridge-aggregation 1
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] port link-type trunk
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] port trunk permit vlan 10 20
[DeviceA-Bridge-Aggregation1] quit
```

(2) 配置 Device B

Device B 的配置与 Device A 相似，配置过程略。

4. 验证配置

查看 Device A 上所有聚合组的详细信息。

```
[DeviceA] display link-aggregation verbose
Loadsharing Type: Shar -- Loadsharing, NonS -- Non-Loadsharing
Port Status: S -- Selected, U -- Unselected, I -- Individual
Port: A -- Auto port, M -- Management port, R -- Reference port
Flags:  A -- LACP_Activity, B -- LACP_Timeout, C -- Aggregation,
        D -- Synchronization, E -- Collecting, F -- Distributing,
        G -- Defaulted, H -- Expired

Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Aggregation Mode: Dynamic
Loadsharing Type: Shar
```

```
Management VLANs: None
System ID: 0x8000, 000f-e267-6c6a
Local:
  Port                Status   Priority Index    Oper-Key               Flag
  GE1/0/1(R)          S        32768    11       1                      {ACDEF}
  GE1/0/2             S        32768    12       1                      {ACDEF}
  GE1/0/3             S        32768    13       1                      {ACDEF}
Remote:
  Actor               Priority Index    Oper-Key SystemID               Flag
  GE1/0/1             32768    81       1        0x8000, 000f-e267-57ad {ACDEF}
  GE1/0/2             32768    82       1        0x8000, 000f-e267-57ad {ACDEF}
  GE1/0/3             32768    83       1        0x8000, 000f-e267-57ad {ACDEF}
```

以上信息表明，聚合组 1 为负载分担类型的二层动态聚合组，包含有三个选中端口。

1.11.3 二层聚合边缘接口配置举例

1. 组网需求

- Device 与服务器 Server 通过端口 GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2 相互连接。
- 在 Device 上配置一个二层动态链路聚合组。
- 在 Device 上配置二层聚合接口为聚合边缘接口，以便当服务器上未配置动态聚合组时，Device 上聚合组成员端口都能做为普通端口正常转发报文。

2. 组网图

图1-8 二层聚合边缘接口配置组网图

3. 配置步骤

配置 Device

创建二层聚合接口 1，配置该接口为动态聚合模式。

```
<Device> system-view
[Device] interface bridge-aggregation 1
[Device-Bridge-Aggregation1] link-aggregation mode dynamic
```

配置二层聚合接口 1 为聚合边缘接口。

```
[Device-Bridge-Aggregation1] lacp edge-port
[Device-Bridge-Aggregation1] quit
```

分别将端口 GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2 加入到聚合组 1 中。

```
[Device] interface gigabitethernet 1/0/1
[Device-GigabitEthernet1/0/1] port link-aggregation group 1
[Device-GigabitEthernet1/0/1] quit
[Device] interface gigabitethernet 1/0/2
[Device-GigabitEthernet1/0/2] port link-aggregation group 1
[Device-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

4. 验证配置

当 Server 未完成动态聚合模式配置时，查看 Device 上所有聚合组的详细信息。

```
[Device] display link-aggregation verbose
Loadsharing Type: Shar -- Loadsharing, NonS -- Non-Loadsharing
Port Status: S -- Selected, U -- Unselected, I -- Individual
Port: A -- Auto port, M -- Management port, R -- Reference port
Flags:  A -- LACP_Activity, B -- LACP_Timeout, C -- Aggregation,
        D -- Synchronization, E -- Collecting, F -- Distributing,
        G -- Defaulted, H -- Expired

Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Aggregation Mode: Dynamic
Loadsharing Type: Shar
Management VLANs: None
System ID: 0x8000, 000f-e267-6c6a
Local:
  Port                Status   Priority Index    Oper-Key               Flag
  GE1/0/1             I        32768    11       1                      {AG}
  GE1/0/2             I        32768    12       1                      {AG}

Remote:
  Actor               Priority Index    Oper-Key SystemID               Flag
  GE1/0/1             32768    81       0        0x8000, 0000-0000-0000 {DEF}
  GE1/0/2             32768    82       0        0x8000, 0000-0000-0000 {DEF}
```

以上信息表明，当Device未收到Server的LACP报文时，Device的聚合成员端口都工作在Individual状态，该状态下所有聚合成员端口可以作为普通物理口转发报文，以保证此时 Server 与 Device 间的链路都可以正常转发报文，且相互形成备份。

目 录

1 端口隔离

1.1 端口隔离简介

为了实现端口间的二层隔离，可以将不同的端口加入不同的 VLAN，但 VLAN 资源有限。采用端口隔离特性，用户只需要将端口加入到隔离组中，就可以实现隔离组内端口之间二层隔离，而不关心这些端口所属 VLAN，从而节省 VLAN 资源。

隔离组内的端口与未加入隔离组的端口之间二层流量双向互通。

1.2 配置隔离组

1. 功能简介

设备支持多个隔离组，用户可以手工配置。隔离组内可以加入的端口数量没有限制。

2. 配置限制和指导

一个端口最多只能加入一个隔离组。

二层以太网接口视图下的配置只对当前端口生效。

二层聚合接口视图下的配置对当前接口及其成员端口生效，若某成员端口配置失败，系统会跳过该端口继续配置其他成员端口，若二层聚合接口配置失败，则不会再配置成员端口。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建隔离组。

port-isolate group *group-id*

(3) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(4) 将端口加入到隔离组中。

port-isolate enable group *group-id*

缺省情况下，当前端口不属于任何隔离组。

1.3 端口隔离显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后端口隔离的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-1 端口隔离显示和维护

操作	命令
显示隔离组的信息	**display port-isolate group**[*group-id*]

1.4 端口隔离典型配置举例

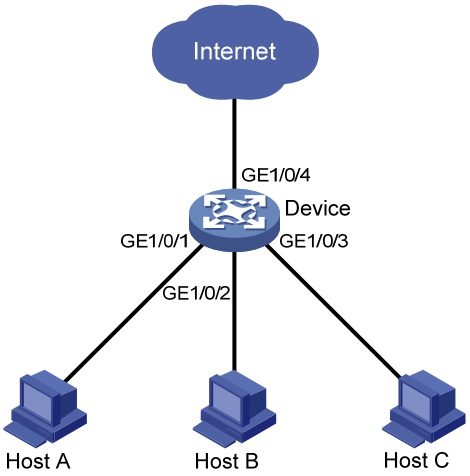
1.4.1 端口隔离基本组网配置举例

1. 组网需求

如 图 1-1 所示，小区用户Host A、Host B、Host C分别与Device的端口GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2、GigabitEthernet1/0/3 相连，Device设备通过GigabitEthernet1/0/4 端口与外部网络相连。现需要实现小区用户Host A、Host B和Host C彼此之间二层报文不能互通，但可以和外部网络通信。

2. 组网图

图1-1 端口隔离组网图



3. 配置步骤

创建隔离组 2。

```
<Device> system-view
[Device] port-isolate group 2
```

将端口 GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2、GigabitEthernet1/0/3 加入隔离组 2。

```
[Device] interface gigabitethernet 1/0/1
[Device-GigabitEthernet1/0/1] port-isolate enable group 2
[Device-GigabitEthernet1/0/1] quit
[Device] interface gigabitethernet 1/0/2
[Device-GigabitEthernet1/0/2] port-isolate enable group 2
[Device-GigabitEthernet1/0/2] quit
[Device] interface gigabitethernet 1/0/3
[Device-GigabitEthernet1/0/3] port-isolate enable group 2
```

```
[Device-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

4. 验证配置

显示隔离组 2 中的信息。

```
[Device] display port-isolate group 2
 Port isolation group information:
 Group ID: 2
 Group members:
   GigabitEthernet1/0/1     GigabitEthernet1/0/2     GigabitEthernet1/0/3
```

以上信息显示 Device 上的端口 GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2、GigabitEthernet1/0/3 已经加入隔离组 2，从而实现二层隔离，Host A、Host B 和 Host C 彼此之间不能 ping 通。

目 录

1 生成树协议概述

生成树协议是一种二层管理协议，它通过选择性地阻塞网络中的冗余链路来消除二层环路，同时还具备链路备份的功能。最初的生成树协议为 STP（Spanning Tree Protocol，生成树协议），之后又发展出 RSTP（Rapid Spanning Tree Protocol，快速生成树协议）、PVST（Per-VLAN Spanning Tree，每 VLAN 生成树）和 MSTP（Multiple Spanning Tree Protocol，多生成树协议）。

1.1 STP简介

STP 由 IEEE 制定的 802.1D 标准定义，用于在局域网中消除数据链路层物理环路的协议。运行该协议的设备通过彼此交互信息发现网络中的环路，并有选择的对某些端口进行阻塞，最终将环路网络结构修剪成无环路的树型网络结构，从而防止报文在环路网络中不断增生和无限循环，避免设备由于重复接收相同的报文造成的报文处理能力下降的问题发生。

STP 包含了两个含义，狭义的 STP 是指 IEEE 802.1D 中定义的 STP 协议，广义的 STP 是指包括 IEEE 802.1D 定义的 STP 协议以及各种在它的基础上经过改进的生成树协议。

1.1.1 STP的协议报文

STP 采用的协议报文是 BPDU（Bridge Protocol Data Unit，网桥协议数据单元），也称为配置消息。本文中将把生成树协议的协议报文均简称为 BPDU。

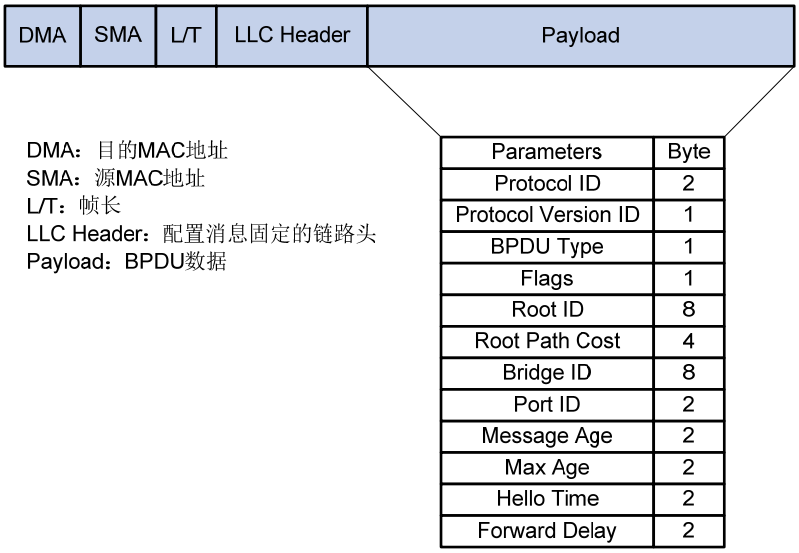
STP 通过在设备之间传递 BPDU 来确定网络的拓扑结构。BPDU 中包含了足够的信息来保证设备完成生成树的计算过程。STP 协议的 BPDU 分为以下两类：

- 配置 BPDU（Configuration BPDU）：用来进行生成树计算和维护生成树拓扑的报文。
- TCN BPDU（Topology Change Notification BPDU，拓扑变化通知 BPDU）：当拓扑结构发生变化时，用来通知相关设备网络拓扑结构发生变化的报文。

1. 配置BPDU

网桥之间通过交互配置BPDU来进行根桥的选举以及端口角色的确定。配置BPDU的格式如 图 1-1 所示。

图1-1 配置 BPDU 格式



Parameters	Byte
Protocol ID	2
Protocol Version ID	1
BPDU Type	1
Flags	1
Root ID	8
Root Path Cost	4
Bridge ID	8
Port ID	2
Message Age	2
Max Age	2
Hello Time	2
Forward Delay	2

配置 BPDU 中 BPDU 数据的信息包括：

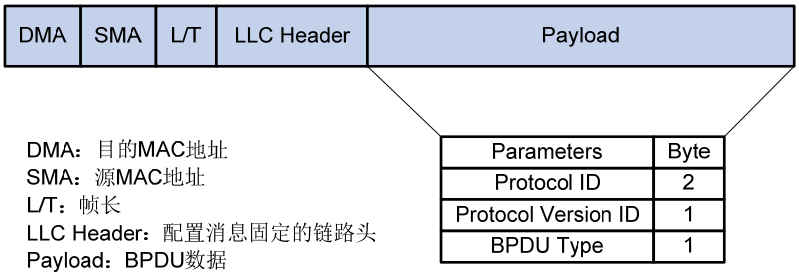
- 协议类型（Protocol ID）：固定为 0x0000，表示生成树协议。
- 协议版本号（Protocol Version ID）：目前生成树有三个版本，STP 的协议版本号为 0x00.
- BPDU 类型：配置 BPDU 类型为 0x00。
- BPDU Flags 位：BPDU 标志位，表示是哪种 BPDU。由 8 位组成，最低位（0 位）为 TC（Topology Change，拓扑改变）标志位；最高位（7 位）为 TCA（Topology Change Acknowledge，拓扑改变确认）标志位；其他 6 位保留。
- 根桥（Root Bridge）ID：由根桥的优先级和 MAC 地址组成。
- 根路径开销：到根桥的路径开销。
- 指定桥 ID：由指定桥的优先级和 MAC 地址组成。
- 指定端口 ID：由指定端口的优先级和该端口的全局编号组成。
- Message Age：BPDU 在网络中传播的生存期。
- Max Age：BPDU 在设备中的最大生存期。
- Hello Time：BPDU 的发送周期。
- Forward Delay：端口状态迁移的延迟时间。

其中通过根桥 ID、路径开销、指定桥 ID、指定端口 ID、Message Age、Max Age、Hello Time 和 Forward Delay 信息来保证设备完成生成树的计算过程。

2. TCN BPDU

如 图 1-2 所示，TCN BPDU和配置BPDU在结构上基本相同，也是由源/目的MAC地址、L/T位、逻辑链路头和BPDU数据组成。但是TCN BPDU的BPDU数据组成非常简单，只包含三部分信息：协议类型、协议版本号和BPDU类型。协议类型和协议版本号字段和配置BPDU相同，BPDU类型字段的值为 0x80，表示该BPDU为TCN BPDU。

图1-2 TCN BPDU 格式



TCN BPDU 有两个产生条件：

- 网桥上有端口转变为 Forwarding 状态，且该网桥至少包含一个指定端口。
- 网桥上有端口从 Forwarding 状态或 Learning 状态转变为 Blocking 状态。

当上述两个条件之一满足时，说明网络拓扑发生了变化，网桥需要使用 TCN BPDU 通知根桥。根桥可以通过将配置 BPDU 中对应标志位置位来通知所有网桥网络拓扑发生了变化，需要使用较短的 MAC 地址老化时间，保证拓扑的快速收敛。

1.1.2 STP的基本概念

1. 根桥

树形的网络结构必须有树根，于是 STP 引入了根桥的概念。根桥在全网中有且只有一个，其他设备则称为叶子节点。根桥会根据网络拓扑的变化而改变，因此根桥并不是固定的。

在网络初始化过程中，所有设备都视自己为根桥，生成各自的配置 BPDU 并周期性地向外发送；但当网络拓扑稳定以后，只有根桥设备才会向外发送配置 BPDU，其他设备则对其进行转发。

2. 根端口

所谓根端口，是指非根桥设备上离根桥最近的端口。根端口负责与根桥进行通信。非根桥设备上有且只有一个根端口，根桥上没有根端口。

3. 指定桥与指定端口

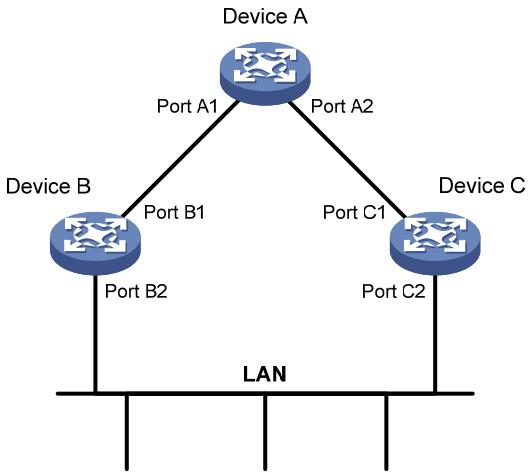
有关指定桥与指定端口的含义，请参见 表 1-1 的说明。

表1-1 指定桥与指定端口的含义

分类	指定桥	指定端口
对于一台设备而言	与本机直接相连并且负责向本机转发BPDU的设备	指定桥向本机转发BPDU的端口
对于一个局域网而言	负责向本网段转发BPDU的设备	指定桥向本网段转发BPDU的端口

如 图 1-3 所示，Device B和Device C与LAN直接相连。如果Device A通过Port A1 向Device B转发BPDU，则Device B的指定桥就是Device A，指定端口就是Device A上的Port A1；如果Device B负责向LAN转发BPDU，则LAN的指定桥就是Device B，指定端口就是Device B上的Port B2。

图1-3 指定桥与指定端口示意图



4. 端口状态

STP的端口有 5 种工作状态。如 表 1-2 所示。

表1-2 STP 的端口状态

状态	描述
Disabled	该状态下的端口没有激活，不参与STP的任何动作，不转发用户流量
Listening	该状态下的端口可以接收和发送BPDU，但不转发用户流量
Learning	该状态下建立无环的转发表，不转发用户流量
Forwarding	该状态下的端口可以接收和发送BPDU，也转发用户流量
Blocking	该状态下的端口可以接收BPDU，但不转发用户流量

5. 路径开销

路径开销是 STP 协议用于选择链路的参考值。STP 协议通过计算路径开销，选择较为“强壮”的链路，阻塞多余的链路，将网络修剪成无环路的树型网络结构。

1.1.3 STP的拓扑计算过程

STP 的拓扑计算过程如下：设备通过比较不同端口收到的 BPDU 报文的优先级高低，选举出根桥、根端口、指定端口，完成生成树的计算，建立对应的树形拓扑。

1. 初始状态

各设备的各端口在初始时会生成以本设备为根桥的 BPDU，根路径开销为 0，指定桥 ID 为自身设备 ID，指定端口为本端口。

2. 选择根桥

网络初始化时，需要在网络中所有的 STP 设备中选择一个根桥，根桥的选择方式有以下两种：

- 自动选举：网络初始化时，网络中所有的 STP 设备都认为自己是“根桥”，根桥 ID 为自身的设备 ID。通过交换 BPDU，设备之间比较根桥 ID，网络中根桥 ID 最小的设备被选为根桥。
- 手工指定：用户手工将设备配置为指定生成树的根桥或备份根桥。
  - 在一棵生成树中，生效的根桥只有一个，当两台或两台以上的设备被指定为同一棵生成树的根桥时，系统将选择 MAC 地址最小的设备作为根桥。
  - 用户可以在每棵生成树中指定一个或多个备份根桥。当根桥出现故障或被关机时，如果配置了一个备份根桥，则该备份根桥可以取代根桥成为指定生成树的根桥；如果配置了多个备份根桥，则 MAC 地址最小的备份根桥将成为指定生成树的根桥。但此时若配置了新的根桥，则备份根桥将不会成为根桥。

3. 选择根端口和指定端口

根端口和指定端口的选择过程如 表 1-3 所示。

表1-3 根端口和指定端口的选择过程

步骤	内容
1	非根桥设备将接收最优BPDU（最优BPDU的选择过程如表1-4所示）的那个端口定为根端口
2	设备根据根端口的BPDU和根端口的路径开销，为每个端口计算一个指定端口BPDU： • 根桥 ID 替换为根端口的 BPDU 的根桥 ID； • 根路径开销替换为根端口 BPDU 的根路径开销加上根端口对应的路径开销； • 指定桥 ID 替换为自身设备的 ID； • 指定端口 ID 替换为自身端口 ID。
3	设备将计算出的BPDU与角色待定端口自己的BPDU进行比较： • 如果计算出的 BPDU 更优，则该端口被确定为指定端口，其 BPDU 也被计算出的 BPDU 替换，并周期性地向外发送； • 如果该端口自己的 BPDU 更优，则不更新该端口的 BPDU 并将该端口阻塞。该端口将不再转发数据，且只接收不发送 BPDU。

说明

当拓扑处于稳定状态时，只有根端口和指定端口在转发用户流量。其他端口都处于阻塞状态，只接收 STP 协议报文而不转发用户流量。

表1-4 最优 BPDU 的选择过程

步骤	内容
1	每个端口将收到的BPDU与自己的BPDU进行比较： • 如果收到的 BPDU 优先级较低，则将其直接丢弃，对自己的 BPDU 不进行任何处理； • 如果收到的 BPDU 优先级较高，则用该 BPDU 的内容将自己 BPDU 的内容替换掉。
2	设备将所有端口的BPDU进行比较，选出最优的BPDU

说明

BPDU 优先级的比较规则如下：

根桥 ID 较小的 BPDU 优先级较高；

若根桥 ID 相同，则比较根路径开销：将 BPDU 中的根路径开销与本端口对应的路径开销相加，二者之和较小的 BPDU 优先级较高；

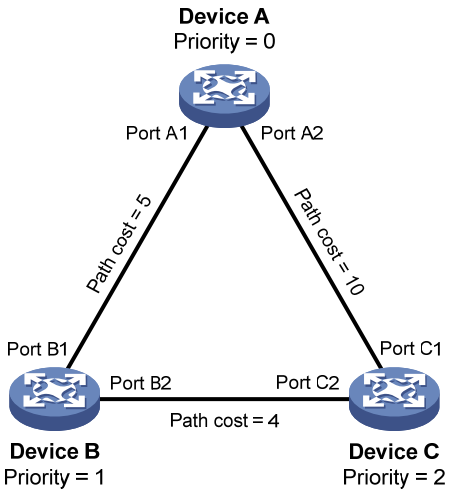
若根路径开销也相同，则依次比较指定桥 ID、指定端口 ID、接收该 BPDU 的端口 ID 等，上述值较小的 BPDU 优先级较高。

一旦根桥、根端口和指定端口选举成功，整个树形拓扑就建立完毕了。

1.1.4 STP算法实现举例

下面结合例子说明 STP 算法实现的具体过程。

图1-4 STP 算法实现过程组网图



如 图 1-4 所示，Device A、Device B和Device C的优先级分别为 0、1 和 2，Device A与Device B之间、Device A与Device C之间以及Device B与Device C之间链路的路径开销分别为 5、10 和 4。

1. 各设备的初始状态

各设备的初始状态如 表 1-5 所示。

表1-5 各设备的初始状态

设备	端口名称	端口的 BPDU
Device A	Port A1	{0，0，0，Port A1}
	Port A2	{0，0，0，Port A2}
Device B	Port B1	{1，0，1，Port B1}
	Port B2	{1，0，1，Port B2}
Device C	Port C1	{2，0，2，Port C1}

设备	端口名称	端口的 BPDU
	Port C2	{2，0，2，Port C2}

说明

表 1-5 中BPDU各项的具体含义为：{根桥ID，根路径开销，指定桥ID，指定端口ID}。

2. 各设备的比较过程及结果

各设备的比较过程及结果如 表 1-6 所示。

表1-6 各设备的比较过程及结果

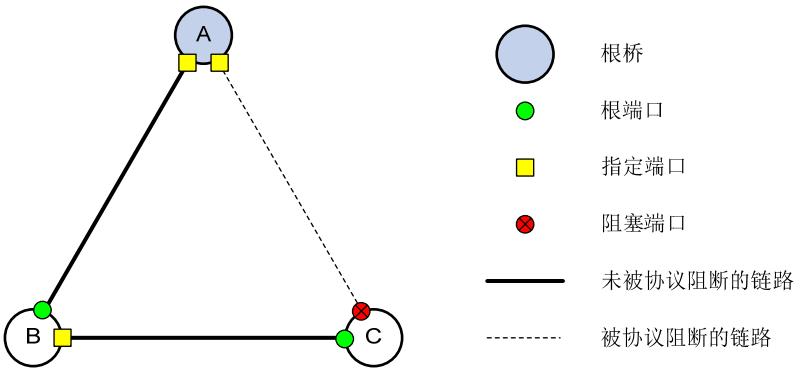
设备	比较过程	比较后端口的 BPDU
Device A	• Port A1 收到 Port B1 的 BPDU {1，0，1，Port B1}，发现自己的 BPDU {0，0，0，Port A1}更优，于是将其丢弃。 • Port A2 收到 Port C1 的 BPDU {2，0，2，Port C1}，发现自己的 BPDU {0，0，0，Port A2}更优，于是将其丢弃。 • Device A 发现自己各端口的 BPDU 中的根桥和指定桥都是自己，于是认为自己就是根桥，各端口的 BPDU 都不作任何修改，此后便周期性地向外发送 BPDU。	• Port A1：{0，0，0，Port A1} • Port A2：{0，0，0，Port A2}
Device B	• Port B1 收到 Port A1 的 BPDU {0，0，0，Port A1}，发现其比自己的 BPDU {1，0，1，Port B1}更优，于是更新自己的 BPDU。 • Port B2 收到 Port C2 的 BPDU {2，0，2，Port C2}，发现自己的 BPDU {1，0，1，Port B2}更优，于是将其丢弃。	• Port B1：{0，0，0，Port A1} • Port B2：{1，0，1，Port B2}
	• Device B 比较自己各端口的 BPDU，发现 Port B1 的 BPDU 最优，于是该端口被确定为根端口，其 BPDU 不变。 • Device B 根据根端口的 BPDU 和路径开销，为 Port B2 计算出指定端口的 BPDU {0，5，1，Port B2}，然后与 Port B2 本身的 BPDU {1，0，1，Port B2}进行比较，发现计算出的 BPDU 更优，于是 Port B2 被确定为指定端口，其 BPDU 也被替换为计算出的 BPDU，并周期性地向外发送。	• 根端口 Port B1：{0，0，0，Port A1} • 指定端口 Port B2：{0，5，1，Port B2}
Device C	• Port C1 收到 Port A2 的 BPDU {0，0，0，Port A2}，发现其比自己的 BPDU {2，0，2，Port C1}更优，于是更新自己的 BPDU。 • Port C2 收到 Port B2 更新前的 BPDU {1，0，1，Port B2}，发现其比自己的 BPDU {2，0，2，Port C2}更优，于是更新自己的 BPDU。	• Port C1：{0，0，0，Port A2} • Port C2：{1，0，1，Port B2}
	• Device C 比较自己各端口的 BPDU，发现 Port C1 的 BPDU 最优，于是该端口被确定为根端口，其 BPDU 不变。 • Device C 根据根端口的 BPDU 和路径开销，为 Port C2 计算出指定端口的 BPDU {0，10，2，Port C2}，然后与 Port C2 本身的 BPDU {1，0，1，Port B2}进行比较，发现计算出的 BPDU 更优，于是 Port C2 被确定为指定端口，其 BPDU 也被替换为计算出的 BPDU。	• 根端口 Port C1：{0，0，0，Port A2} • 指定端口 Port C2：{0，10，2，Port C2}

设备	比较过程	比较后端口的 BPDU
	• Port C2 收到 Port B2 更新后的 BPDU {0，5，1，Port B2}，发现其比自己的 BPDU {0，10，2，Port C2}更优，于是更新自己的 BPDU。 • Port C1 收到 Port A2 周期性发来的 BPDU {0，0，0，Port A2}，发现其与自己的 BPDU 一样，于是将其丢弃。	• Port C1：{0，0，0，Port A2} • Port C2：{0，5，1，Port B2}
	• Device C 比较 Port C1 的根路径开销 10（收到的 BPDU 中的根路径开销 0＋本端口所在链路的路径开销 10）与 Port C2 的根路径开销 9（收到的 BPDU 中的根路径开销 5＋本端口所在链路的路径开销 4），发现后者更小，因此 Port C2 的 BPDU 更优，于是 Port C2 被确定为根端口，其 BPDU 不变。 • Device C 根据根端口的 BPDU 和路径开销，为 Port C1 计算出指定端口的 BPDU {0，9，2，Port C1}，然后与 Port C1 本身的 BPDU {0，0，0，Port A2}进行比较，发现本身的 BPDU 更优，于是 Port C1 被阻塞，其 BPDU 不变。从此，Port C1 不再转发数据，直至有触发生成树计算的新情况出现，譬如 Device B 与 Device C 之间的链路 down 掉。	• 阻塞端口 Port C1：{0，0，0，Port A2} • 根端口 Port C2：{0，5，1，Port B2}

3. 计算出的生成树

经过上述比较过程之后，以Device A为根桥的生成树就确定下来了，其拓扑如 图 1-5 所示。

图1-5 计算后得到的拓扑



说明

为了便于描述，本例简化了生成树的计算过程，实际的过程要更加复杂。

1.1.5 STP的BPDU传递机制

STP 的 BPDU 传递机制如下：

- 当网络初始化时，所有的设备都将自己作为根桥，生成以自己为根的 BPDU，并以 Hello Time 为周期定时向外发送。

- 接收到 BPDU 的端口如果是根端口，且接收的 BPDU 比该端口的 BPDU 优，则设备将 BPDU 中携带的 Message Age 按照一定的原则递增，并启动定时器为这条 BPDU 计时，同时将此 BPDU 从设备的指定端口转发出去。
- 如果指定端口收到的 BPDU 比本端口的 BPDU 优先级低时，会立刻发出自己的更好的 BPDU 进行回应。
- 如果某条路径发生故障，则这条路径上的根端口不会再收到新的 BPDU，旧的 BPDU 将会因为超时而被丢弃，设备重新生成以自己为根的 BPDU 并向外发送，从而引发生成树的重新计算，得到一条新的通路替代发生故障的链路，恢复网络连通性。

不过，重新计算得到的新 BPDU 不会立刻就传遍整个网络，因此旧的根端口和指定端口由于没有发现网络拓扑变化，将仍按原来的路径继续转发数据。如果新选出的根端口和指定端口立刻就开始数据转发的话，可能会造成暂时性的环路。

1.1.6 STP的时间参数

在 STP 的计算过程中，用到了以下三个重要的时间参数：

- Forward Delay：用于确定状态迁移的延迟时间。缺省情况下 Forward Delay 时间为 15 秒。链路故障会引发网络重新进行生成树的计算，生成树的结构将发生相应的变化。不过重新计算得到的新 BPDU 无法立刻传遍整个网络，如果新选出的根端口和指定端口立刻就开始数据转发的话，可能会造成暂时性的环路。为此，生成树协议在端口由 Blocking 状态向 Forwarding 状态迁移的过程中设置了 Listening 和 Learning 状态作为过渡（Listening 和 Learning 状态都会持续 Forward Delay 时间），并规定状态迁移需要等待 Forward Delay 时间，以保持与远端的设备状态切换同步。新选出的根端口和指定端口要经过 2 倍的 Forward Delay 延时后才能进入转发状态，这个延时保证了新的 BPDU 已经传遍整个网络。
- Hello Time：用于设备检测链路是否存在故障。缺省情况下 Hello Time 为 2 秒。生成树协议每隔 Hello Time 时间会发送 BPDU，以确认链路是否存在故障。如果设备在超时时间（超时时间＝超时时间因子×3×Hello Time）内没有收到 BPDU，则会由于消息超时而重新计算生成树。
- Max Age：用于判断 BPDU 在设备内的保存时间是否“过时”，设备会将过时的 BPDU 丢弃。缺省情况下 Max Age 时间为 20 秒。在 MSTP 的 CIST 上，设备根据 Max Age 时间来确定端口收到的 BPDU 是否超时。如果端口收到的 BPDU 超时，则需要对该 MSTI 重新计算。Max Age 时间对 MSTP 的 MSTI 无效。

STP 每隔一个 Hello Time 发送一个 BPDU，并且引入 Keepalive 机制。Hello 包的发送可以避免最大失效定时器溢出。如果最大失效定时器溢出，通常表明有连接错误发生。此时，STP 会进入 Listening 状态。STP 要从连接错误中恢复过来，一般需要 50 秒的时间。其中 BPDU 最长的失效时间 20 秒；Listening 状态持续 15 秒；Learning 状态持续 15 秒。

为保证网络拓扑的快速收敛，需要配置合适的时间参数。上述三个时间参数之间应满足以下关系，否则会引起网络的频繁震荡：

- 2×（Forward Delay－1 秒）≥Max Age
- Max Age≥2×（Hello Time＋1 秒）

1.2 RSTP简介

RSTP 由 IEEE 制定的 802.1w 标准定义，它在 STP 基础上进行了改进，实现了网络拓扑的快速收敛。其“快速”体现在，当一个端口被选为根端口和指定端口后，其进入转发状态的延时将大大缩短，从而缩短了网络最终达到拓扑稳定所需要的时间。

1.2.1 RSTP的协议报文

RSTP 也是通过在设备之间传递 BPDU 来确定网络的拓扑结构。RSTP 的 BPDU 格式和 STP 的配置 BPDU 格式非常相似，仅在以下几个信息有所不同：

- BPDU 类型变为 0x02，表示为 RSTP 的 BPDU。
- BPDU 协议版本号为 0x02，表示为 RSTP 协议。
- Flags 位字段使用了全 8 位。
- RSTP 在 BPDU 报文的最后增加了 Version1 Length 字段。该字段的值为 0x00，表示本 BPDU 中不包含 Version 1 内容。

在拓扑改变时，RSTP 的拓扑改变处理过程不再使用 TCN BPDU，而使用 Flags 位中 TC 置位的 RST BPDU 取代 TCN BPDU，并通过泛洪方式快速的通知到整个网络。

1.2.2 RSTP的基本概念

1. 端口角色

RSTP 中根端口和指定端口角色的定义和 STP 相同。与 STP 相比，RSTP 增加了三种端口角色替换端口（Alternate Port）、备份端口（Backup Port）和边缘端口（Edge Port）。

- 替换端口为网桥提供一条到达根桥的备用路径，当根端口或主端口被阻塞后，替换端口将成为新的根端口或主端口。
- 备份端口为网桥提供了到达同一个物理网段的冗余路径，当指定端口失效后，备份端口将转换为新的指定端口。当开启了生成树协议的同一台设备上的两个端口互相连接而形成环路时，设备会将其中一个端口阻塞，该端口就是备份端口。
- 边缘端口是不与其他设备或网段连接的端口，边缘端口一般与用户终端设备直接相连。

2. 端口状态

RSTP将端口状态缩减为三个，分别为Discarding、Learning和Forwarding状态。STP中的Disabled、Blocking和Listening状态在RSTP中都对应为Discarding状态，如 表 1-7 所示。

表1-7 RSTP 的端口状态

STP 端口状态	RSTP 端口状态	是否发送 BPDU	是否进行 MAC 地址学习	是否收发用户流量
Disabled	Discarding	否	否	否
Blocking	Discarding	否	否	否
Listening	Discarding	是	否	否
Learning	Learning	是	是	否
Forwarding	Forwarding	是	是	是

1.2.3 RSTP的工作原理

进行RSTP计算时，端口会在Discarding状态完成角色的确定，当端口确定为根端口和指定端口后，经过 Forward Delay 端口会进入 Learning 状态；当端口确定为替换端口，端口会维持在 Discarding 状态。

处于 Learning 状态的端口其处理方式和 STP 相同，开始学习 MAC 地址并在 Forward Delay 后进入 Forwarding 状态开始收发用户流量。

在 RSTP 中，根端口的端口状态快速迁移的条件是：本设备上旧的根端口已经停止转发数据，而且上游指定端口已经开始转发数据。

在 RSTP 中，指定端口的端口状态快速迁移的条件是：指定端口是边缘端口（即该端口直接与用户终端相连，而没有连接到其他设备或共享网段上）或者指定端口与点对点链路（即两台设备直接相连的链路）相连。如果指定端口是边缘端口，则指定端口可以直接进入转发状态；如果指定端口连接着点对点链路，则设备可以通过与下游设备握手，得到响应后即刻进入转发状态。

1.2.4 RSTP中的BPDU处理

相比于 STP，RSTP 对 BPDU 的发送方式做了改进，RSTP 中网桥可以自行从指定端口发送 RST BPDU，不需要等待来自根桥的 RST BPDU，BPDU 的发送周期为 Hello Time。

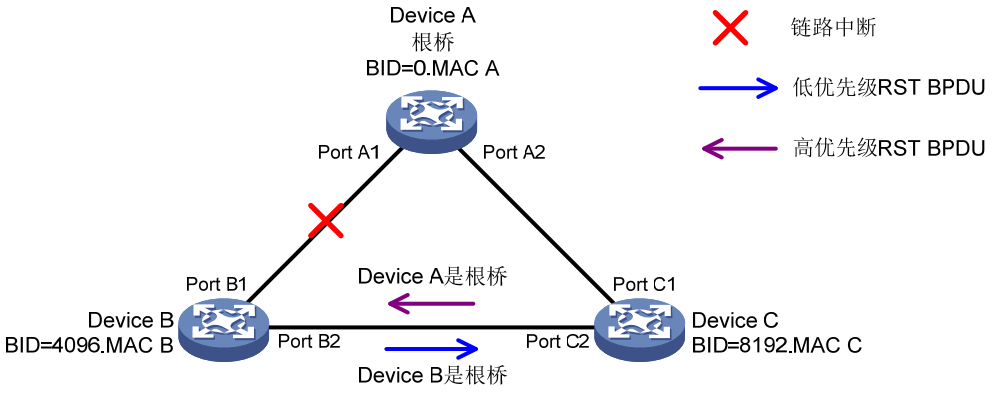
由于 RSTP 中网桥可以自行从指定端口发送 RST BPDU，所以在网桥之间可以提供一种保活机制，即在一定时间内网桥没有收到对端网桥发送的 RST BPDU，即可认为和对端网桥的连接中断。

RSTP 规定，若在三个连续的 Hello Time 时间内网桥没有收到对端指定桥发送的 RST BPDU，则网桥端口保存的 RST BPDU 老化，认为与对端网桥连接中断。新的老化机制大大加快了拓扑变化的感知，从而可以实现快速收敛。

在 RSTP 中，如果阻塞状态的端口收到低优先级的 RST BPDU，也可以立即对其做出回应。

如 图 1-6，网络中Device A为根桥，Device C阻塞和Device B相连的端口。当Device B和根桥之间的链路中断时，Device B会发送以自己为根桥的RST BPDU。Device C收到Device B发送的RST BPDU后，经过比较，Device B的值RST BPDU为低优先级的RST BPDU，所以Device C的端口会立即对该RST BPDU做出回应，发送优先级更高的RST BPDU。Device B收到Device C发送的RST BPDU后，将会停止发送RST BPDU，并将和Device C连接的端口确定为根端口。

图1-6 RSTP 对低优先级 RST BPDU 的处理



1.3 PVST简介

STP 和 RSTP 在局域网内的所有网桥都共享一棵生成树，不能按 VLAN 阻塞冗余链路，所有 VLAN 的报文都沿着一棵生成树进行转发。而 PVST 则可以在每个 VLAN 内都拥有一棵生成树，能够有效地提高链路带宽的利用率。PVST 可以简单理解为在每个 VLAN 上运行一个 RSTP 协议，不同 VLAN 之间的生成树完全独立。

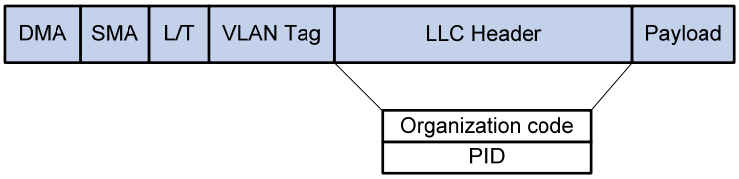
运行 PVST 的 H3C 设备可以与运行 Rapid PVST 或 PVST 的第三方设备互通。当运行 PVST 的 H3C 设备之间互联，或运行 PVST 的 H3C 设备与运行 Rapid PVST 的第三方设备互通时，H3C 设备支持像 RSTP 一样的快速收敛。

1.3.1 PVST的协议报文

如 图 1-7，从报文结构对上看，PVST的BPDU和RSTP的BPDU不同在于以下几点：

- 报文的目的 MAC 地址改变，变为私有 MAC 地址 01-00-0c-cc-cc-cd。
- 报文携带 VLAN 标签，确定该协议报文归属的 VLAN。
- 报文配置消息固定链路头字段添加 Organization code 和 PID 字段。

图1-7 PVST 报文格式



根据端口类型的不同，PVST 所发送的 BPDU 格式也有所差别：

- 对于 Access 端口，PVST 将根据该 VLAN 的状态发送 RSTP 格式的 BPDU。
- 对于 Trunk 端口和 Hybrid 端口，PVST 将在缺省 VLAN 内根据该 VLAN 的状态发送 RSTP 格式的 BPDU，而对于其他本端口允许通过的 VLAN，则发送 PVST 格式的 BPDU。

1.3.2 PVST的工作原理

PVST 借助 MSTP 的实例和 VLAN 映射关系模型，将 MSTP 每个实例映射一个 VLAN。PVST 中每个 VLAN 独立运行 RSTP，独立运算，并允许以每个 VLAN 为基础开启或关闭生成树。每个 VLAN 内的生成树实例都有单独的网络拓扑结构，相互之间没有影响。这样既可以消除了 VLAN 内的冗余环路，还可以实现不同 VLAN 间负载分担。

PVST 在缺省 VLAN 上通过 RSTP 报文进行拓扑运算；在其他 VLAN 上通过带 VLAN Tag 的 PVST 报文进行拓扑运算。

PVST的端口角色和端口状态和RSTP相同，能够实现快速收敛，请参见“1.2.2 RSTP的基本概念”。

1.4 MSTP简介

1.4.1 MSTP的优点

MSTP 由 IEEE 制定的 802.1s 标准定义，相比于 STP、RSTP 和 PVST MSTP 的优点如下：

- MSTP 把一个交换网络划分成多个域，每个域内形成多棵生成树，生成树之间彼此独立。生成树间独立计算，实现快速收敛。
- MSTP 通过设置 VLAN 与生成树的对应关系表（即 VLAN 映射表），将 VLAN 与生成树联系起来。并通过“实例”的概念，将多个 VLAN 捆绑到一个实例中，从而达到了节省通信开销和降低资源占用率的目的。
- 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，不同 VLAN 的流量沿各自的路径转发，实现 VLAN 数据的负载分担。
- MSTP 兼容 STP 和 RSTP，部分兼容 PVST。

1.4.2 MSTP的协议报文

如 图 1-8，MST BPDU和RST BPDU的前 36 个字节格式是相同的，其中BPDU协议版本号为 0x03，表示MSTP协议，BPDU类型为 0x02，表示为RST/MST BPDU。

图1-8 MSTP 的 BPDU 格式

Parameters	Byte
Protocol ID	2
Protocol Version ID	1
BPDU Type	1
Flags	1
Root ID	8
Root Path Cost	4
Bridge ID	8
Port ID	2
Message Age	2
Max Age	2
Hello Time	2
Forward Delay	2
Version1 Length=0	1
Version3 Length	2
MST Configuration ID	51
CIST IRPC	4
CIST Bridge ID	8
CIST Remaining ID	1
MSTI Configuration Messages	LEN

MSTP专有字段

RST BPDU 中的 Root ID 字段在 MSTP 中表示 CIST（Common and Internal Spanning Tree，公共和内部生成树）总根 ID，Root Path Cost 字段在 MSTP 中表示 CIST 外部路径开销（External Path Cost，EPC），Bridge ID 字段在 MSTP 中表示 CIST 域根 ID，Port ID 字段在 MSTP 中表示 CIST 指定端口 ID。

从第 37 字节开始是 MSTP 的专有字段：

- Version3 Length：表示 MSTP 专有字段长度，该字段用于接收到 BPDU 后进行校验。
- MST 配置标识（Configuration ID）：包含格式选择符（Format Selector）、域名（Configuration Name）、修订级别（Revision Level）和配置摘要（Configuration Digest）四个字段。其中格式选择符字段固定为 0x00，其余三个字段用来判断网桥是否属于某 MST 域。
- CIST 内部路径开销（Internal Root Path Cost，IRPC）：表示发送此 BPDU 的网桥到达 CIST 域根的路径开销。
- CIST Bridge ID：表示发送此 BPDU 的网桥 ID。
- CIST 剩余跳数：用来限制 MST 域的规模。从 CIST 域根开始，BPDU 每经过一个网桥的转发，跳数就被减 1；网桥将丢弃收到的跳数为 0 的 BPDU，使出于最大跳数外的网桥无法参与生成树的计算，从而限制了 MST 域的规模。CIST 剩余跳数默认值为 20。
- MSTI Configuration Messages：包含 0 个或最多 64 个 MSTI（Multiple Spanning Tree Instance，多生成树实例）配置信息，MSTI 配置信息数量由域内 MST 实例数决定，每一个 MSTI 配置信息长度为 16 字节。

1.4.3 MSTP的基本概念

图1-9 MSTP 的基本概念示意图

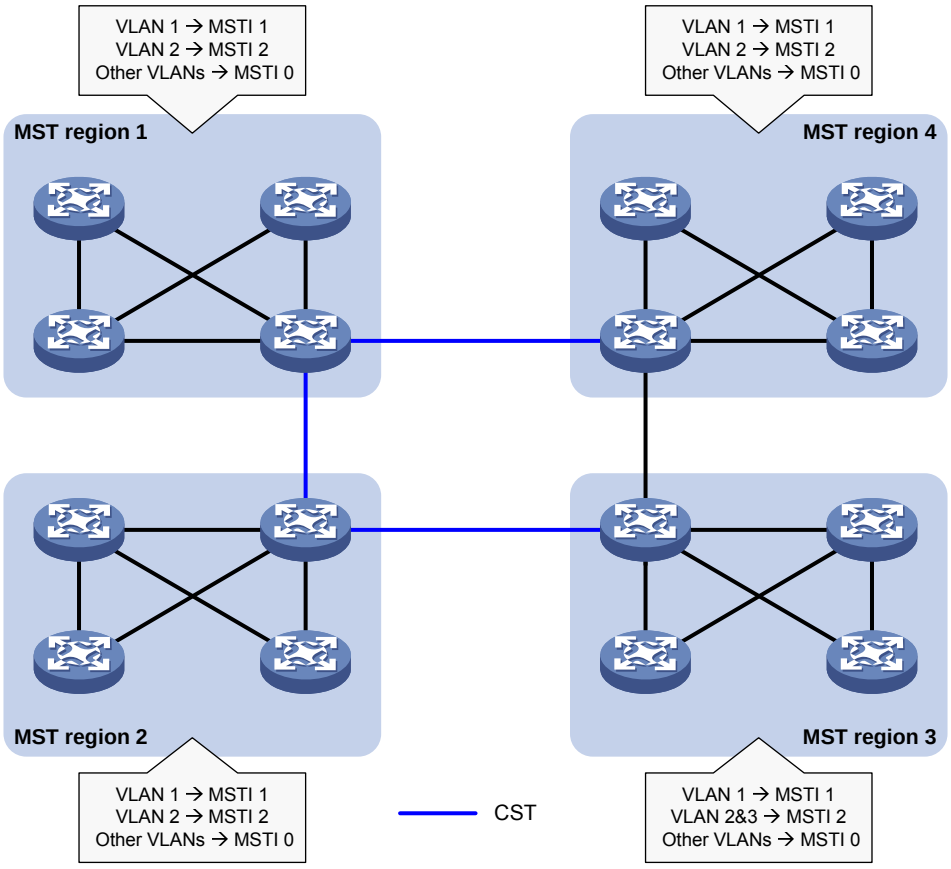
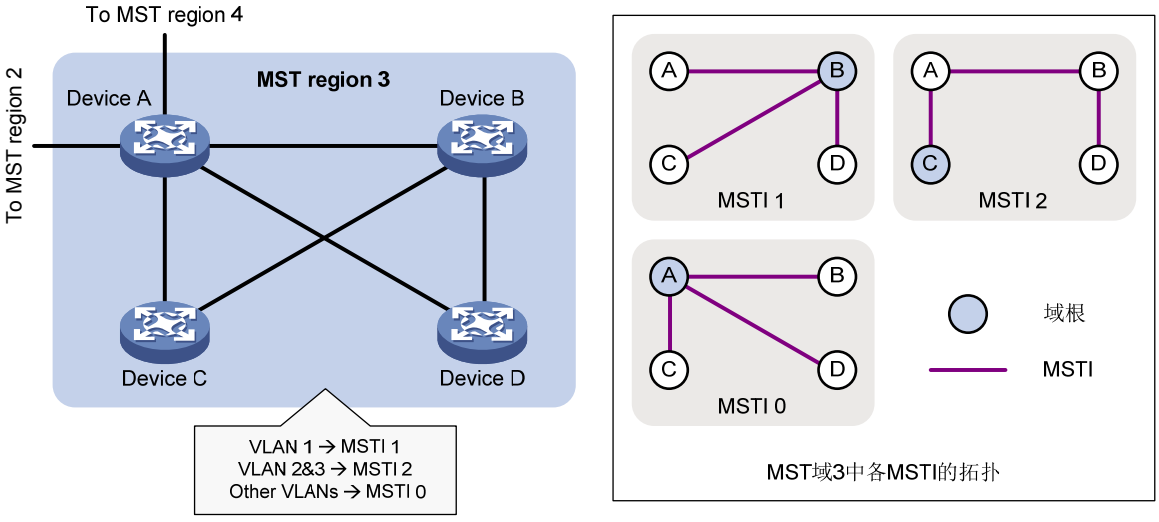


图1-10 MST 域 3 详图



在如 图 1-9 所示的交换网络中有四个MST域，每个MST域都由四台设备构成，所有设备都运行MSTP；为了看清MST域内的情形，我们以MST域 3 为例放大来看，如 图 1-10 所示。下面就结合这两张图来介绍一些MSTP中的基本概念：

1. MST域

MST 域（Multiple Spanning Tree Regions，多生成树域）是由交换网络中的多台设备以及它们之间的网段所构成。这些设备具有下列特点：

- 都开启了生成树协议。
- 域名相同。
- VLAN 与 MSTI 间映射关系的配置相同。
- MSTP 修订级别的配置相同。
- 这些设备之间有物理链路连通。

一个交换网络中可以存在多个MST域，用户可以通过配置将多台设备划分在一个MST域内。如在 图 1-9 所示的网络中就有MST域 1～MST域 4 这四个MST域，每个域内的所有设备都具有相同的MST域配置。

2. MSTI

一个MST域内可以通过MSTP生成多棵生成树，各生成树之间彼此独立并分别与相应的VLAN对应，每棵生成树都称为一个MSTI（Multiple Spanning Tree Instance，多生成树实例）。如在 图 1-10 所示的MST域 3 中，包含有三个MSTI：MSTI 1、MSTI 2 和MSTI 0。

3. VLAN映射表

VLAN映射表是MST域的一个属性，用来描述VLAN与MSTI间的映射关系。如 图 1-10 中MST域 3 的VLAN映射表就是：VLAN 1 映射到MSTI 1，VLAN 2 和VLAN 3 映射到MSTI 2，其余VLAN映射到MSTI 0。MSTP就是根据VLAN映射表来实现负载分担的。

4. CST

CST（Common Spanning Tree，公共生成树）是一棵连接交换网络中所有MST域的单生成树。如果把每个MST域都看作一台“设备”，CST就是这些“设备”通过STP协议、RSTP协议计算生成的一棵生成树。如 图 1-9 中的蓝色线条描绘的就是CST。

5. IST

IST（Internal Spanning Tree，内部生成树）是MST域内的一棵生成树，它是一个特殊的MSTI，通常也称为MSTI 0，所有VLAN缺省都映射到MSTI 0 上。如 图 1-10 中的MSTI 0 就是MST域 3 内的IST。

6. CIST

CIST（Common and Internal Spanning Tree，公共和内部生成树）是一棵连接交换网络内所有设备的单生成树，所有MST域的IST再加上CST就共同构成了整个交换网络的一棵完整的单生成树，即CIST。如 图 1-9 中各MST域内的IST（即MSTI 0）再加上MST域间的CST就构成了整个网络的CIST。

7. 域根

域根（Regional Root）就是MST域内IST或MSTI的根桥。MST域内各生成树的拓扑不同，域根也可能不同。如在 图 1-10 所示的MST域 3 中，MSTI 1 的域根为Device B，MSTI 2 的域根为Device C，而MSTI 0（即IST）的域根则为Device A。

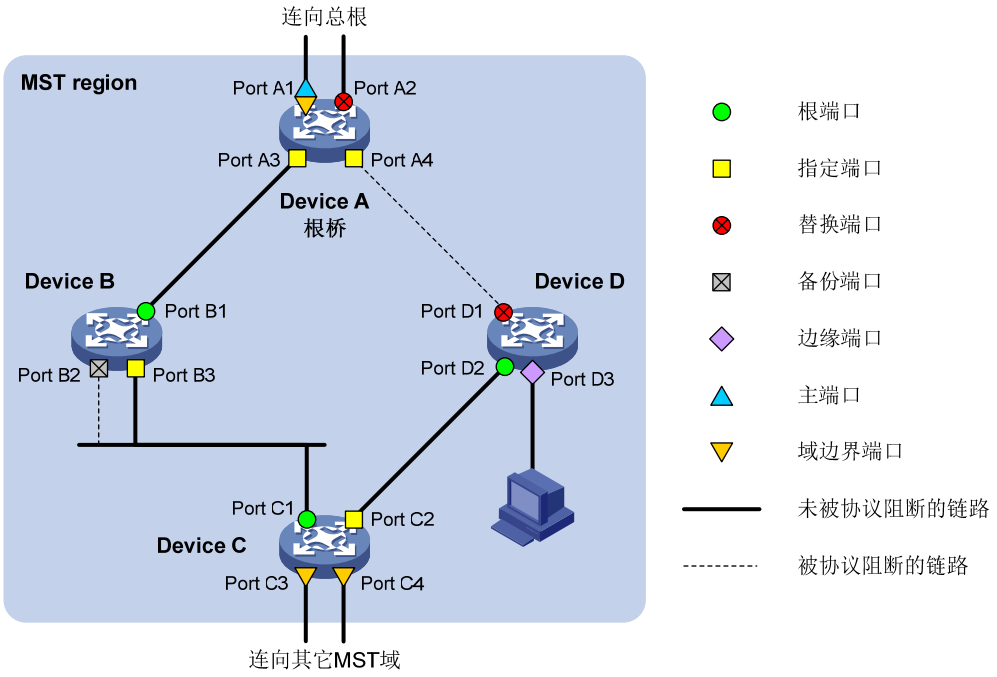
8. 总根

总根（Common Root Bridge）就是CIST的根桥。如 图 1-9 中CIST的总根就是MST域 1 中的某台设备。

9. 端口角色

端口在不同的MSTI中可以担任不同的角色。如 图 1-11 所示，在由Device A、Device B、Device C和Device D共同构成的MST域中，Device A的端口Port A1 和Port A2 连向总根方向，Device B的端口Port B2 和Port B3 相连而构成环路，Device C的端口Port C3 和Port C4 连向其他MST域，Device D的端口Port D3 直接连接用户主机。

图1-11 端口角色示意图



如 图 1-11 所示，MSTP计算过程中涉及到的主要端口角色有以下几种：

- 根端口（Root Port）：在非根桥上负责向根桥方向转发数据的端口就称为根端口，根桥上没有根端口。
- 指定端口（Designated Port）：负责向下游网段或设备转发数据的端口就称为指定端口。
- 替换端口（Alternate Port）：是根端口和主端口的备份端口。当根端口或主端口被阻塞后，替换端口将成为新的根端口或主端口。
- 备份端口（Backup Port）：是指定端口的备份端口。当指定端口失效后，备份端口将转换为新的指定端口。当开启了生成树协议的同一台设备上的两个端口互相连接而形成环路时，设备会将其中一个端口阻塞，该端口就是备份端口。
- 边缘端口（Edge Port）：不与其他设备或网段连接的端口就称为边缘端口，边缘端口一般与用户终端设备直接相连。
- 主端口（Master Port）：是将 MST 域连接到总根的端口（主端口不一定在域根上），位于整个域到总根的最短路径上。主端口是 MST 域中的报文去往总根的必经之路。主端口在 IST/CIST 上的角色是根端口，而在其他 MSTI 上的角色则是主端口。
- 域边界端口（Boundary Port）：是位于 MST 域的边缘、并连接其他 MST 域或 MST 域与运行 STP/RSTP 的区域的端口。主端口同时也是域边界端口。在进行 MSTP 计算时，域边界端口在 MSTI 上的角色与 CIST 的角色一致，但主端口除外——主端口在 CIST 上的角色为根端口，在其他 MSTI 上的角色才是主端口。

10. 端口状态

MSTP中的端口状态可分为三种，如 表 1-8 所示。同一端口在不同的MSTI中的端口状态可以不同。

表1-8 MSTP 的端口状态

状态	描述
Forwarding	该状态下的端口可以接收和发送BPDU，也转发用户流量
Learning	是一种过渡状态，该状态下的端口可以接收和发送BPDU，但不转发用户流量
Discarding	该状态下的端口可以接收和发送BPDU，但不转发用户流量

端口状态和端口角色是没有必然联系的，表 1-9 给出了各种端口角色能够具有的端口状态（“√”表示此端口角色能够具有此端口状态；“-”表示此端口角色不能具有此端口状态）。

表1-9 各种端口角色具有的端口状态

端口角色（右） 端口状态（下）	根端口/主端口	指定端口	替换端口	备份端口
Forwarding	√	√	-	-
Learning	√	√	-	-
Discarding	√	√	√	√

1.4.4 MSTP的工作原理

MSTP 将整个二层网络划分为多个 MST 域，各域之间通过计算生成 CST；域内则通过计算生成多棵生成树，每棵生成树都被称为是一个 MSTI，其中的 MSTI 0 也称为 IST。MSTP 同 STP 一样，使用 BPDU 进行生成树的计算，只是 BPDU 中携带的是设备上 MSTP 的配置信息。

1. CIST生成树的计算

通过比较 BPDU 后，在整个网络中选择一个优先级最高的设备作为 CIST 的根桥。在每个 MST 域内 MSTP 通过计算生成 IST；同时 MSTP 将每个 MST 域作为单台设备对待，通过计算在域间生成 CST。CST 和 IST 构成了整个网络的 CIST。

2. MSTI的计算

在MST域内，MSTP根据VLAN与MSTI的映射关系，针对不同的VLAN生成不同的MSTI。每棵生成树独立进行计算，计算过程与STP计算生成树的过程类似，请参见“1.1.3 STP的拓扑计算过程”。

MSTP 中，一个 VLAN 报文将沿着如下路径进行转发：

- 在 MST 域内，沿着其对应的 MSTI 转发；
- 在 MST 域间，沿着 CST 转发。

1.4.5 MSTP在设备上的实现

MSTP 同时兼容 STP 和 RSTP。STP 和 RSTP 的协议报文都可以被运行 MSTP 协议的设备识别并应用于生成树计算。设备除了提供 MSTP 的基本功能外，还从用户的角度出发，提供了如下便于管理的特殊功能：

- 根桥保持。
- 根桥备份。

- 根保护功能。
- BPDU 保护功能。
- 环路保护功能。
- 防 TC-BPDU 攻击保护功能。
- 端口角色限制功能。
- TC-BPDU 传播限制功能。

1.5 快速收敛机制

在 STP 中，为避免临时环路，端口从开启到进入转发状态需要等待默认 30 秒的时间，如果想要缩短这个时间，只能手工方式将 Forward Delay 设置为较小值。但是 Forward Delay 是由 Hello Time 和网络直径共同决定的一个参数，如果将 Forward Delay 设置太小，可能会导致临时环路的产生，影响网络的稳定性。

目前，RSTP/PVST/MSTP 都支持快速收敛机制。快速收敛机制包括边缘端口机制、根端口快速切换机制、指定端口快速切换机制。其中指定端口快速切换机制也称为 P/A（Proposal/Agreement，请求/回应）机制。

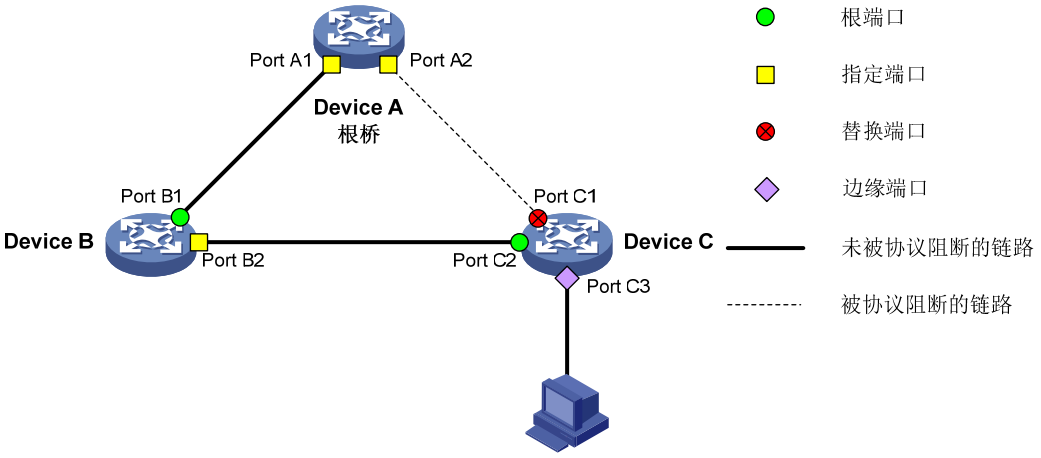
1.5.1 边缘端口机制

当端口直接与用户终端相连，而没有连接到其他网桥或局域网网段上时，该端口即为边缘端口。

边缘端口连接的是终端，当网络拓扑变化时，边缘端口不会产生临时环路，所以边缘端口可以略过两个 Forward Delay 的时间，直接进入 Forwarding 状态，无需任何延时。

由于网桥无法自动判断端口是否直接与终端相连，所以用户需要手工将与端口连接的端口配置为边缘端口。

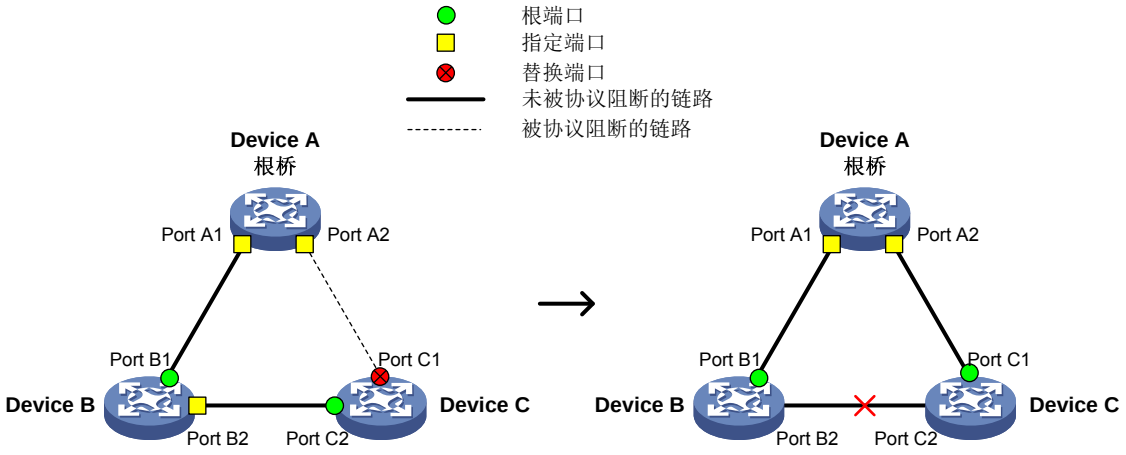
图1-12 边缘端口示意图



1.5.2 根端口快速切换机制

当旧的根端口进入阻塞状态，网桥会选择优先级最高的替换端口作为新的根端口，如果当前新根端口连接的对端网桥的指定端口处于 Forwarding 状态，则新根端口可以立刻进入 Forwarding 状态。

图1-13 根端口快速切换示意图



如 图 1-13，Device C有两个端口，一个为根端口另一个为替换端口，当根端口链路中断时，替换端口会立刻成为新的根端口并进入Forwarding状态，期间不需要延时。

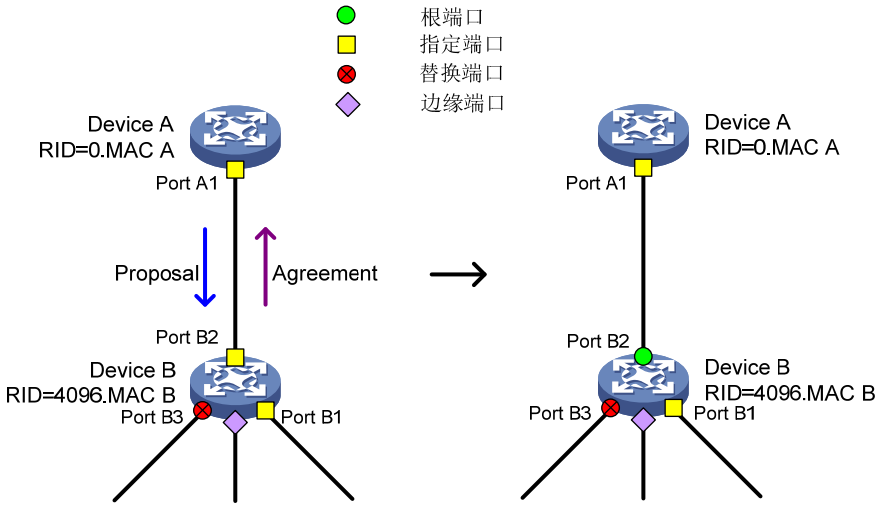
1.5.3 P/A机制

P/A 机制是指指定端口可以通过与对端网桥进行一次握手，即可快速进入转发状态，期间不需要任何定时器。P/A 机制的前提条件是：握手必须在点到点链路上进行。有点到点链路作为前提，P/A 机制可以实现网络拓扑的逐链路收敛，而不必像 STP，需要被动等待 30 秒的时间以确保全网实现收敛。

1. RSTP/PVST的P/A机制

当新链路连接或故障链路恢复时，链路两端的端口初始都为指定端口并处于阻塞状态。当指定端口处于 Discarding 状态和 Learning 状态，其所发送的 BPDU 中 Proposal 位将被置位，端口角色为指定端口。收到 Proposal 置位的 BPDU 后，网桥会判断接收端口是否为根端口，如果是，网桥会启动同步过程。同步过程指网桥阻塞除边缘端口之外的所有端口，在本网桥层面消除环路产生的可能。

图1-14 RSTP/PVST 的 P/A 机制实现快速收敛



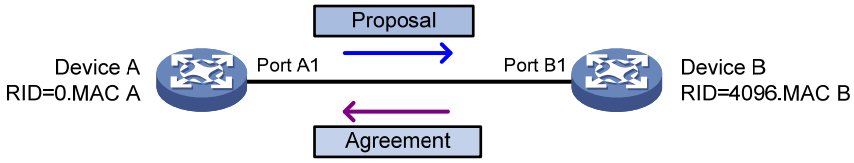
如 图 1-14，当Device A和Device B之间的链路连接后，P/A机制处理过程如下：

- Device A 从端口 Port A1 发送 Proposal 置位的 BPDU 给 Device B。
- Device B 收到 Proposal BPDU 后，判断端口 Port B2 为根端口，启动同步过程阻塞指定端口 Port B1 和替换端口 Port B3 避免环路产生，然后将根端口 Port B2 设置为转发状态，并向 Device A 回复 Agreement BPDU。
- Device A 收到 Agreement BPDU 后，指定端口 Port A1 立即进入转发状态。
- Device A 的端口 Port A1 和 Device B 的端口 Port B2 均进入转发状态，P/A 收敛过程结束。

2. MSTP的P/A机制

在 MSTP 中，上游网桥发送的 Proposal BPDU 中的 Proposal 位和 Agreement 位均置位，下游网桥收到 Proposal 位和 Agreement 位均置位的 BPDU 后，执行同步操作然后回应 Agreement 置位的 BPDU，使得上游指定端口快速进入转发状态。

图1-15 MSTP 的 P/A 机制实现快速收敛



如 图 1-15，Device A和Device B之间的P/A机制处理过程如下：

- Device A 从端口 Port A1 发送 Proposal 位和 Agreement 位均置位的 BPDU 给 Device B。
- Device B 收到 Proposal 位和 Agreement 位均置位的 BPDU 后，判断端口 Port B1 为根端口，执行同步操作然后将根端口 Port B1 设置为转发状态，并向 Device A 回复 Agreement BPDU。
- Device A 收到 Agreement BPDU 后，指定端口 Port A1 立即进入转发状态。
- Device A 的端口 Port A1 和 Device B 的端口 Port B1 均进入转发状态，P/A 收敛过程结束。

从 RSTP/PVST 和 MSTP 的 P/A 机制处理过程可以看到，P/A 机制没有依赖任何定时器，可以实现快速的收敛。

需要注意的是，如果指定端口发出的 Proposal BPDU 后没有收到 Agreement BPDU，则该端口将切换到 STP 方式，需要等待 30 秒时间才能进入转发状态。

1.6 协议规范

与生成树相关的协议规范有：

- IEEE 802.1D：Media Access Control (MAC) Bridges
- IEEE 802.1w：Part 3: Media Access Control (MAC) Bridges—Amendment 2: Rapid Reconfiguration
- IEEE 802.1s：Virtual Bridged Local Area Networks—Amendment 3: Multiple Spanning Trees
- IEEE 802.1Q-REV/D1.3：Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks—Clause 13: Spanning tree Protocols

2 配置生成树协议

2.1 生成树协议配置限制和指导

2.1.1 与其他功能之间的配置限制和指导

当同时开启 MVRP（Multiple VLAN Registration Protocol，多 VLAN 注册协议）和生成树协议时，MVRP 报文将沿 MSTI 传播。因此当同时开启了 MVRP 和生成树协议时，如果希望通过 MVRP 在网络中发布某个 VLAN，则配置生成树协议的 VLAN 映射表时要保证将该 VLAN 映射到 MSTI 上。有关 MVRP 的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“MVRP”。

生成树协议与以下功能互斥：RRPP 功能、Smart Link 功能和 L2PT 功能。S5000E-X、S5110V2-SI 和 S5000V3-EI 系列交换机不支持 RRPP 和 Smart Link。

2.1.2 接口相关配置限制和指导

生成树的部分功能支持在二层以太网接口视图和二层聚合接口视图配置，本文后续将概括称为接口视图。BPDU 拦截功能只支持在二层以太网接口视图下配置。

系统视图下的配置全局生效；二层以太网接口视图下的配置只对当前端口生效；二层聚合接口视图下的配置只对当前接口生效；聚合成员端口上的配置，只有当成员端口退出聚合组后才能生效。

在二层聚合接口上开启生成树协议后，生成树的相关计算只在二层聚合接口上进行，聚合成员端口不再参与生成树计算。二层聚合接口的所有选中成员端口上生成树协议的开启/关闭状态以及端口转发状态与二层聚合接口保持一致。尽管聚合成员端口不参与生成树计算，但端口上的生成树相关配置仍然保留，当端口退出聚合组时，该端口将采用这些配置参与生成树计算。

2.2 生成树协议配置任务简介

2.2.1 STP配置任务简介

1. 配置根桥

STP 模式下，根桥上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 STP 模式。

(2) （可选）配置根桥和备份根桥

(3) （可选）配置设备的优先级

(4) （可选）配置影响 STP 拓扑收敛的参数

- 配置交换网络的网络直径
- 配置生成树的时间参数
- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率

(5) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(6) 开启生成树协议

(7) （可选）配置生成树高级功能

- 配置TC Snooping功能
- 配置生成树保护功能
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2. 配置叶子节点

STP 模式下，叶子节点上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 STP 模式。

(2) （可选）配置设备的优先级

(3) （可选）配置影响 STP 拓扑收敛的参数

- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口的路径开销
- 配置端口的优先级

(4) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(5) 开启生成树协议

(6) （可选）配置生成树高级功能

- 配置TC Snooping功能
- 配置生成树保护功能
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2.2.2 RSTP配置任务简介

1. 配置根桥

RSTP 模式下，根桥上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 RSTP 模式。

(2) （可选）配置根桥和备份根桥

(3) （可选）配置设备的优先级

(4) （可选）配置影响 RSTP 拓扑收敛的参数

- 配置交换网络的网络直径
- 配置生成树的时间参数
- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口为边缘端口
- 配置端口的链路类型

(5) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(6) 开启生成树协议

(7) （可选）配置生成树高级功能

- 执行mCheck操作
- 配置TC Snooping功能
- 配置生成树保护功能
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2. 配置叶子节点

RSTP 模式下，叶子节点上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 RSTP 模式。

(2) （可选）配置设备的优先级

(3) （可选）配置影响 RSTP 拓扑收敛的参数

- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口为边缘端口
- 配置端口的路径开销
- 配置端口的优先级
- 配置端口的链路类型

(4) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(5) 开启生成树协议

(6) （可选）配置生成树高级功能

- 执行mCheck操作
- 配置TC Snooping功能
- 配置生成树保护功能
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2.2.3 PVST配置任务简介

1. 配置根桥

PVST 模式下，根桥上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 PVST 模式。

(2) （可选）配置根桥和备份根桥

(3) （可选）配置设备的优先级

(4) （可选）配置影响 PVST 拓扑收敛的参数

- 配置交换网络的网络直径

- 配置生成树的时间参数
- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口为边缘端口
- 配置端口的链路类型

(5) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(6) 开启生成树协议

(7) （可选）配置生成树高级功能

- 执行mCheck操作
- 关闭PVST的PVID不一致保护功能
- 配置生成树保护功能
- 配置在PVST模式下设备检测或接收到TC报文时打印日志信息
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2. 配置叶子节点

PVST 模式下，叶子节点上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 PVST 模式。

(2) （可选）配置设备的优先级

(3) （可选）配置影响 PVST 拓扑收敛的参数

- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口为边缘端口
- 配置端口的路径开销
- 配置端口的优先级
- 配置端口的链路类型

(4) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(5) 开启生成树协议

(6) （可选）配置生成树高级功能

- 执行mCheck操作
- 关闭PVST的PVID不一致保护功能
- 配置生成树保护功能
- 配置在PVST模式下设备检测或接收到TC报文时打印日志信息
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2.2.4 MSTP配置任务简介

1. 配置根桥

MSTP 模式下，根桥上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 MSTP 模式。

(2) 配置MST域

(3) （可选）配置根桥和备份根桥

(4) （可选）配置设备的优先级

(5) （可选）配置影响 MSTP 拓扑收敛的参数

- 配置MST域的最大跳数
- 配置交换网络的网络直径
- 配置生成树的时间参数
- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口为边缘端口
- 配置端口的链路类型

(6) （可选）配置端口收发的MSTP报文格式

(7) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(8) 开启生成树协议

(9) （可选）配置生成树高级功能

- 执行mCheck操作
- 配置摘要侦听功能
- 配置No Agreement Check功能
- 配置TC Snooping功能
- 配置生成树保护功能
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2. 配置叶子节点

MSTP 模式下，叶子节点上的配置任务如下：

(1) 配置生成树的工作模式

通过本配置将生成树的工作模式配置为 MSTP 模式。

(2) 配置MST域

(3) （可选）配置设备的优先级

(4) （可选）配置影响 MSTP 拓扑收敛的参数

- 配置超时时间因子
- 配置端口发送BPDU的速率
- 配置端口为边缘端口

- 配置端口的路径开销
- 配置端口的优先级
- 配置端口的链路类型

(5) （可选）配置端口收发的MSTP报文格式

(6) （可选）打开端口状态变化信息显示开关

(7) 开启生成树协议

(8) （可选）配置生成树高级功能

- 执行mCheck操作
- 配置摘要侦听功能
- 配置No Agreement Check功能
- 配置TC Snooping功能
- 配置生成树保护功能
- 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复
- 配置生成树的网管功能

2.3 配置生成树的工作模式

1. 功能简介

生成树的工作模式有以下几种：

- STP 模式：设备的所有端口都将向外发送 STP BPDU。如果端口的对端设备只支持 STP，可选择此模式。
- RSTP 模式：设备的所有端口都向外发送 RSTP BPDU。当端口收到对端设备发来的 STP BPDU 时，会自动迁移到 STP 模式；如果收到的是 MSTP BPDU，则不会进行迁移。
- PVST 模式：设备的所有端口都向外发送 PVST BPDU，每个 VLAN 对应一棵生成树。进行 PVST 组网时，若网络中所有设备的生成树维护量（开启生成树协议的 VLAN 数×开启生成树协议的端口数）达到一定数量，会导致 CPU 负荷过重，不能正常处理报文，引起网络震荡。本系列设备支持的使能生成树协议的 VLAN 数为 128。
- MSTP 模式：设备的所有端口都向外发送 MSTP BPDU。当端口收到对端设备发来的 STP BPDU 时，会自动迁移到 STP 模式；如果收到的是 RSTP BPDU，则不会进行迁移。

2. 配置限制和指导

MSTP 模式兼容 RSTP 模式，RSTP 模式兼容 STP 模式，PVST 模式与其他模式的兼容性如下：

- 对于 Access 端口：PVST 模式在任意 VLAN 中都能与其他模式互相兼容。
- 对于 Trunk 端口或 Hybrid 端口：PVST 模式仅在缺省 VLAN 中能与其他模式互相兼容。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 配置生成树的工作模式。

```
stp mode { mstp | pvst | rstp | stp }
```

缺省情况下，生成树的工作模式为 MSTP 模式。

2.4 配置MST域

1. 功能简介

两台或多台开启了生成树协议的设备若要属于同一个 MST 域，必须同时满足以下两个条件：第一是选择因子（取值为 0，不可配）、域名、修订级别和 VLAN 映射表的配置都相同；第二是这些设备之间的链路相通。

在配置 MST 域的相关参数（特别是 VLAN 映射表）时，会引发生成树的重新计算，从而引起网络拓扑的振荡。为了减少网络振荡，新配置的 MST 域参数并不会马上生效，而是在使用 **active region-configuration** 命令激活，或使用命令 **stp global enable** 全局开启生成树协议后才会生效。

2. 配置限制和指导

在 STP/RSTP/PVST 模式下，MST 域的相关配置不会生效。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 MST 域视图。

stp region-configuration

(3) 配置 MST 域的域名。

region-name *name*

缺省情况下，MST 域的域名为设备的 MAC 地址。

(4) 配置 VLAN 映射表。请选择其中一项进行配置。

- 将指定 VLAN 映射到指定的 MSTI 上。

  instance *instance-id* **vlan** *vlan-id-list*

- 快速配置 VLAN 映射表。

  vlan-mapping modulo *modulo*

缺省情况下，所有 VLAN 都映射到 CIST（即 MSTI 0）上。

(5) 配置 MSTP 的修订级别。

revision-level *level*

缺省情况下，MSTP 的修订级别为 0。

(6) （可选）显示 MST 域的预配置信息。

check region-configuration

(7) 激活 MST 域的配置。

active region-configuration

2.5 配置根桥和备份根桥

2.5.1 配置限制和指导

生成树协议可以根据桥 ID 自动计算确定生成树的根桥，也可以手工将设备配置为指定生成树的根桥或备份根桥。手工指定时，需要注意：

- 设备在各生成树中的角色互相独立，在作为一棵生成树的根桥或备份根桥的同时，也可以作为其他生成树的根桥或备份根桥；但在同一棵生成树中，一台设备不能既作为根桥，又作为备份根桥。
- 用户指定根桥后不会再根据设备的优先级选举根桥。当设备一旦被配置为根桥或者备份根桥之后，便不能再修改该设备的优先级。也可以通过配置设备的优先级为 0 来实现将当前设备指定为根桥的目的。有关设备优先级的配置，请参见“2.6 配置设备的优先级”。

2.5.2 配置根桥

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置设备为根桥。

- STP/RSTP 模式：

  stp root primary

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **root primary**

- MSTP 模式：

  stp [**instance** *instance-list*] **root primary**

缺省情况下，设备不是根桥。

2.5.3 配置备份根桥

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置设备为备份根桥。

- STP/RSTP 模式：

  stp root secondary

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **root secondary**

- MSTP 模式：

  stp [**instance** *instance-list*] **root secondary**

缺省情况下，设备不是备份根桥。

2.6 配置设备的优先级

1. 功能简介

设备的优先级参与生成树计算，其大小决定了该设备是否能够被选作生成树的根桥。数值越小表示优先级越高，通过配置较小的优先级，可以达到指定某台设备成为生成树根桥的目的。可以在不同的生成树中为设备配置不同的优先级。如果设备的优先级相同，则 MAC 地址最小的设备将被选择为根。当指定设备为根桥或者备份根桥之后，不允许再修改该设备的优先级。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置设备的优先级。

- STP/RSTP 模式：

  stp priority *priority*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **priority** *priority*

- MSTP 模式：

  stp [**instance** *instance-list*] **priority** *priority*

缺省情况下，设备的优先级为 32768。

2.7 配置MST域的最大跳数

1. 功能简介

MST 域的最大跳数限制了 MST 域的规模，在域根上配置的最大跳数将作为该 MST 域的最大跳数。

从 MST 域内的生成树的根桥开始，域内的 BPDU 每经过一台设备的转发，跳数就被减 1；设备将丢弃跳数为 0 的 BPDU，以使处于最大跳数外的设备无法参与生成树的计算，从而限制了 MST 域的规模。

2. 配置限制和指导

本配置只需在根桥设备上进行，非根桥设备将采用根桥设备的配置值。

用户可以根据设计的 MST 域内拓扑的层数来配置 MST 域的最大跳数，MST 域的最大跳数要大于 MST 域内拓扑的最大层数。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 MST 域的最大跳数。

stp max-hops *hops*

缺省情况下，MST 域的最大跳数为 20。

2.8 配置交换网络的网络直径

1. 功能简介

交换网络中任意两台终端设备都通过特定路径彼此相连，这些路径由一系列的设备构成。网络直径就是指对于交换网络中的任意两台网络边缘设备，其中一台经过根桥到达另一台所经过的最大设备数。网络直径越大，说明网络的规模越大。

在 STP/RSTP/MSTP 模式下，每个 MST 域将被视为一台设备，且网络直径配置只对 CIST 有效（即只能在总根上生效），而对 MSTI 无效。在 PVST 模式下，网络直径的配置只能在指定 VLAN 的根桥上生效。

通过本配置，可以根据网络直径调整设备的 Hello Time、Forward Delay 和 Max Age 三个时间参数到合适的值。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置交换网络的网络直径。

- STP/RSTP/MSTP 模式：

  stp bridge-diameter *diameter*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **bridge-diameter** *diameter*

缺省情况下，交换网络的网络直径为 7。

2.9 配置生成树的时间参数

1. 功能简介

在生成树的计算过程中，用到了以下三个时间参数：

(1) Forward Delay：用于确定状态迁移的延迟时间。为了防止产生临时环路，生成树协议在端口由 Discarding 状态向 Forwarding 状态迁移的过程中设置了 Learning 状态作为过渡，并规定状态迁移需要等待 Forward Delay 时间，以保持与远端的设备状态切换同步。

(2) Hello Time：用于检测链路是否存在故障。生成树协议每隔 Hello Time 时间会发送 BPDU，以确认链路是否存在故障。如果设备在超时时间（超时时间＝超时时间因子×3×Hello Time）内没有收到 BPDU，则会由于消息超时而重新计算生成树。

(3) Max Age：用于确定 BPDU 是否超时。在 MSTP 的 CIST 上，设备根据 Max Age 时间来确定端口收到的 BPDU 是否超时。如果端口收到的 BPDU 超时，则需要对该 MSTI 重新计算。Max Age 时间对 MSTP 的 MSTI 无效。

为保证网络拓扑的快速收敛，需要配置合适的时间参数。上述三个时间参数之间应满足以下关系，否则会引起网络的频繁震荡：

- 2×（Forward Delay－1 秒）≥Max Age
- Max Age≥2×（Hello Time＋1 秒）

2. 配置限制和指导

配置生成树时间参数时，需要注意：

- Forward Delay 的长短与交换网络的网络直径有关。一般来说，网络直径越大，Forward Delay 就应该越长。如果 Forward Delay 过短，可能引入临时的冗余路径；如果 Forward Delay 过长，网络可能较长时间不能恢复连通。建议用户采用自动计算值。
- 合适的 Hello Time 可以保证设备能够及时发现网络中的链路故障，又不会占用过多的网络资源。如果 Hello Time 过长，在链路发生丢包时，设备会误以为链路出现了故障，从而引发设备重新计算生成树；如果 Hello Time 过短，设备将频繁发送重复的 BPDU，增加了设备的负担，浪费了网络资源。建议用户采用自动计算值。
- 如果 Max Age 过短，设备会频繁地计算生成树，而且有可能将网络拥塞误认成链路故障；如果 Max Age 过长，设备很可能不能及时发现链路故障，不能及时重新计算生成树，从而降低网络的自适应能力。建议用户采用自动计算值。

通常情况下，不建议通过手工配置直接调整上述三个时间参数。由于这三个时间参数的取值与网络规模有关，生成树协议会自动根据网络直径计算出这三个时间参数的最优值，因此在网络拓扑变化时，建议在设备上通过执行 **stp bridge-diameter** 命令调整网络直径，使设备自动调整这三个时间参数的值。当网络直径取缺省值时，这三个时间参数也分别取其各自的缺省值。

本配置只需在根桥设备上进行，整个交换网络中的所有设备都将采用根桥设备的配置值。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 Forward Delay 时间参数。

- STP/RSTP/MSTP 模式：

  stp timer forward-delay *time*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **timer forward-delay** *time*

缺省情况下，Forward Delay 为 15 秒。

(3) 配置 Hello Time 时间参数。

- STP/RSTP/MSTP 模式：

  stp timer hello *time*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **timer hello** *time*

缺省情况下，Hello Time 为 2 秒。

(4) 配置 Max Age 时间参数。

- STP/RSTP/MSTP 模式：

  stp timer max-age *time*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **timer max-age** *time*

缺省情况下，Max Age 为 20 秒。

2.10 配置超时时间因子

1. 功能简介

超时时间因子用来确定设备的超时时间：超时时间＝超时时间因子×3×Hello Time。

当网络拓扑结构稳定后，非根桥设备会每隔 Hello Time 时间向周围相连设备转发根桥发出的 BPDU 以确认链路是否存在故障。通常如果设备在 9 倍的 Hello Time 时间内没有收到上游设备发来的 BPDU，就会认为上游设备已经故障，从而重新进行生成树的计算。

2. 配置限制和指导

对于以下情况，建议将设备的超时时间因子配置为 5～7。

- 有时本端设备在较长时间内收不到对端设备发来的 BPDU，可能是由于对端设备的繁忙导致的（例如，对端设备配置了大量二层接口时），在这种情况下一般不应重新进行生成树的计算，需要延长本端设备的超时时间。
- 稳定的网络中，可以通过延长超时时间来减少网络资源的浪费。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置设备的超时时间因子。

stp timer-factor *factor*

缺省情况下，设备的超时时间因子为 3。

2.11 配置端口发送BPDU的速率

1. 功能简介

每 Hello Time 时间内端口能够发送的 BPDU 的最大数目＝端口发送 BPDU 的速率＋Hello Time 时间值。端口发送 BPDU 的速率越高，每个 Hello Time 内可发送的 BPDU 数量就越多，占用的系统资源也越多。适当配置发送速率一方面可以限制端口发送 BPDU 的速度，另一方面还可以防止在网络拓扑动荡时，生成树协议占用过多的带宽资源。

2. 配置限制和指导

端口发送 BPDU 的速率与端口的物理状态和网络结构有关，建议用户采用缺省配置。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的发送 BPDU 的速率。

stp transmit-limit *limit*

缺省情况下，端口发送 BPDU 的速率为 10。

2.12 配置端口为边缘端口

1. 功能简介

当端口直接与用户终端相连，而没有连接到其他设备或共享网段上，则该端口被认为是边缘端口。网络拓扑变化时，边缘端口不会产生临时环路。

由于设备无法知道端口是否直接与终端相连，所以需要用户手工将端口配置为边缘端口。如果用户将某个端口配置为边缘端口，那么当该端口由阻塞状态向转发状态迁移时，这个端口可以实现快速迁移，而无需等待延迟时间。

2. 配置限制和指导

对于直接与终端相连的端口，请将该端口设置为边缘端口，同时开启 BPDU 保护功能。这样既能够使该端口快速迁移到转发状态，也可以保证网络的安全。

在同一个端口上，不允许同时配置边缘端口和环路保护功能。

在端口没有开启BPDU保护的情况下，如果被设置为边缘端口的端口上收到来自其他端口的BPDU，则该端口会重新变为非边缘端口。此时，只有重启端口才能将该端口恢复为边缘端口。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置当前端口为边缘端口。

stp edged-port

缺省情况下，端口为非边缘端口。

2.13 配置端口的路径开销

2.13.1 功能简介

路径开销（Path Cost）是与端口相连的链路速率相关的参数。在支持生成树协议的设备上，端口在不同的 MSTI 中可以拥有不同的路径开销。设置合适的路径开销可以使不同 VLAN 的流量沿不同的物理链路转发，从而实现按 VLAN 负载分担的功能。

设备可以自动计算端口的缺省路径开销，用户也可以直接配置端口的路径开销。

2.13.2 配置缺省路径开销的计算标准

1. 功能简介

缺省路径开销的计算标准有以下三种，用户可以通过本配置来改变设备自动计算端口的缺省路径开销时所采用的计算标准：

- **dot1d-1998**：表示按照 IEEE 802.1D-1998 标准来计算缺省路径开销。
- **dot1t**：表示按照 IEEE 802.1t 标准来计算缺省路径开销。
- **legacy**：表示按照私有标准来计算缺省路径开销。

不同速率链路的路径开销值请参见下列各表。

表2-1 100M 及以下链路速率与端口路径开销值的对应关系表

链路速率	端口类型	端口的路径开销值		
		IEEE 802.1D-1998	IEEE 802.1t	私有标准
0	-	65535	200,000,000	200,000
10Mbps	单个端口	100	2,000,000	2,000
	聚合接口（含两个选中端口）		1,000,000	1,800
	聚合接口（含三个选中端口）		666,666	1,600
	聚合接口（含四个选中端口）		500,000	1,400
100Mbps	单个端口	19	200,000	200
	聚合接口（含两个选中端口）		100,000	180
	聚合接口（含三个选中端口）		66,666	160
	聚合接口（含四个选中端口）		50,000	140

表2-2 1000M 链路速率与端口路径开销值的对应关系表

链路速率	端口类型	端口的路径开销值		
		IEEE 802.1D-1998	IEEE 802.1t	私有标准
1000Mbps	单个端口	4	20,000	20
	聚合接口（含两个选中端口）		10,000	18
	聚合接口（含三个选中端口）		6,666	16
	聚合接口（含四个选中端口）		5,000	14

表2-3 10G 链路速率与端口路径开销值的对应关系表

链路速率	端口类型	端口的路径开销值		
		IEEE 802.1D-1998	IEEE 802.1t	私有标准
10Gbps	单个端口	2	2,000	2
	聚合接口（含两个选中端口）		1,000	1
	聚合接口（含三个选中端口）		666	1
	聚合接口（含四个选中端口）		500	1

2. 配置限制和指导

改变缺省路径开销的计算标准，将使端口的路径开销值恢复为缺省值。

在计算聚合接口的路径开销时，IEEE 802.1D-1998 标准不考虑聚合接口所对应聚合组内选中端口的数量；而 IEEE 802.1t 标准则对此予以考虑，其计算公式为：端口的路径开销＝200000000÷链路速率（单位为 100Kbps），其中链路速率为聚合接口所对应聚合组内选中端口的速率之和。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置缺省路径开销的计算标准。

stp pathcost-standard { **dot1d-1998** | **dot1t** | **legacy** }

缺省情况下，缺省路径开销的计算标准为 legacy。

2.13.3 配置端口的路径开销

1. 配置限制和指导

当端口的路径开销值改变时，系统将重新计算端口的角色并进行状态迁移。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的路径开销。

- STP/RSTP 模式：

  stp cost *cost-value*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **cost** *cost-value*

- MSTP 模式：

  stp [**instance** *instance-list*] **cost** *cost-value*

缺省情况下，自动按照相应的标准计算各生成树上的路径开销。

2.14 配置端口的优先级

1. 功能简介

端口优先级是确定该端口是否会被选为根端口的重要依据，同等条件下优先级高的端口将被选为根端口。在支持生成树协议的设备上，端口可以在不同的生成树中拥有不同的优先级，同一端口可以在不同的生成树中担任不同的角色，从而使不同 VLAN 的数据沿不同的物理路径传播，实现按 VLAN 进行负载分担的功能。用户可以根据组网的实际需要来设置端口的优先级。

2. 配置限制和指导

当端口的优先级改变时，系统将重新计算端口的角色并进行状态迁移，引起网络拓扑变化，请用户做好相关准备工作。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的优先级。

- STP/RSTP 模式：

  stp port priority *priority*

- PVST 模式：

  stp vlan *vlan-id-list* **port priority** *priority*

- MSTP 模式：

  stp [instance *instance-list* **] port priority** *priority*

缺省情况下，端口的优先级为 128。

2.15 配置端口的链路类型

1. 功能简介

点对点链路是两台设备之间直接连接的链路。与点对点链路相连的两个端口如果为根端口或者指定端口，则端口可以通过传送同步报文（Proposal 报文和 Agreement 报文）快速迁移到转发状态，减少了不必要的转发延迟时间。

2. 配置限制和指导

如果某端口是二层聚合接口或其工作在全双工模式下，则可以将该端口配置为与点对点链路相连。通常建议使用缺省配置，由系统进行自动检测。

在 PVST 或 MSTP 模式下，如果某端口被配置为与点对点链路（或非点对点链路）相连，那么该配置对该端口所属的所有 VLAN 或 MSTI 都有效。

如果某端口被配置为与点对点链路相连，但与该端口实际相连的物理链路不是点对点链路，则有可能引入临时环路。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的链路类型。

stp point-to-point { auto | force-false | force-true }

缺省情况下，端口的链路类型为 **auto**，即由系统自动检测与本端口相连的链路是否为点对点链路。

2.16 配置端口收发的MSTP报文格式

1. 功能简介

端口可以收发的 MSTP 报文格式有两种：

- **dot1s**：符合 802.1s 协议的标准格式；
- **legacy**：与非标准格式兼容的格式。

端口默认配置为自动识别方式（**auto**），即可以自动识别这两种格式的 MSTP 报文，并根据识别结果确定发送报文的格式，从而实现与对端设备的互通。

用户也可以通过配置改变端口发送的 MSTP 报文格式，使端口只发送与所配格式相符的 MSTP 报文，实现与对端只识别特定格式报文的设备互通。

当端口处于 **auto** 模式时，默认发送 802.1s 标准的报文。在此模式下，为避免因收到不同格式的 MSTP 报文而导致端口发送的报文格式频繁变化，端口一旦收到私有格式报文就将一直以该格式发送报文。若想使该端口恢复发送 802.1s 标准的报文，可对其依次执行关闭/开启操作。

2. 配置限制和指导

如果当前配置的 MSTI 大于 48，端口将只发送 802.1s 标准的 MSTP 报文。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口收发的 MSTP 报文格式。

stp compliance { **auto** | **dot1s** | **legacy** }

缺省情况下，端口会自动识别收到的 MSTP 报文格式并根据识别结果确定发送的报文格式。

2.17 打开端口状态变化信息显示开关

1. 功能简介

在开启了生成树协议的大型网络中，用户可以通过打开端口状态变化信息显示开关，使系统输出端口状态变化的相关信息，方便用户对端口状态进行实时监控。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 打开端口状态变化信息显示开关。

- STP/RSTP 模式：

  stp port-log instance 0

- PVST 模式：

  stp port-log vlan *vlan-id-list*

- MSTP 模式：

  stp port-log { **all** | **instance** *instance-list* }

缺省情况下，端口状态变化信息显示开关处于关闭状态。

2.18 开启生成树协议

2.18.1 配置限制和指导

只有开启了生成树协议，生成树的其他配置才会生效。在 STP/RSTP/MSTP 模式下，必须保证全局和端口上的生成树协议均处于开启状态；在 PVST 模式下，必须保证全局、VLAN 和端口上的生成树协议均处于开启状态。

可以通过 **undo stp enable** 命令关闭指定端口的生成树协议，使其不参与生成树计算，以节省设备的 CPU 资源。但必须保证指定的端口关闭生成树协议后，网络中不能出现环路。

2.18.2 开启生成树协议（STP/RSTP/MSTP模式）

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局开启生成树协议。

stp global enable

对于 S5000V3-EI、S5000E-X 系列交换机，缺省情况下，全局生成树协议处于关闭状态。

对于其他系列交换机：

- 空配置启动时，使用软件功能缺省值，全局生成树协议处于关闭状态。
- 出厂配置启动时，使用软件功能出厂值，全局生成树协议处于开启状态。

关于空配置启动和出厂配置启动的详细介绍，请参见“基础配置指导”中的“配置文件管理”。

(3) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 在端口上开启生成树协议。

stp enable

缺省情况下，所有端口上的生成树协议均处于开启状态。

2.18.3 开启生成树协议（PVST模式）

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局开启生成树协议。

stp global enable

对于 S5000V3-EI、S5000E-X 系列交换机，缺省情况下，全局生成树协议处于关闭状态。

对于其他系列交换机：

- 空配置启动时，使用软件功能缺省值，全局生成树协议处于关闭状态。
- 出厂配置启动时，使用软件功能出厂值，全局生成树协议处于开启状态。

关于空配置启动和出厂配置启动的详细介绍，请参见“基础配置指导”中的“配置文件管理”。

(3) 在 VLAN 中开启生成树协议。

stp vlan *vlan-id-list* **enable**

缺省情况下，生成树协议在 VLAN 中处于开启状态。

(4) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(5) 在端口上开启生成树协议。

stp enable

缺省情况下，所有端口上的生成树协议均处于开启状态。

2.19 执行mCheck操作

2.19.1 功能简介

生成树的工作模式有 STP 模式、RSTP 模式、PVST 模式和 MSTP 模式四种。在运行 RSTP、PVST 或 MSTP 的设备上，若某端口连接着运行 STP 协议的设备，该端口收到 STP 报文后会自动迁移到 STP 模式；但当对端运行 STP 协议的设备关机或撤走，而该端口又无法感知的情况下，该端口将无法自动迁移回原有模式，此时需要通过执行 mCheck 操作将其手工迁移回原有模式。

当运行 STP 的设备 A、未开启生成树协议的设备 B 和运行 RSTP/PVST/MSTP 的设备 C 三者顺次相连时，设备 B 将透传 STP 报文，设备 C 上连接设备 B 的端口将迁移到 STP 模式。在设备 B 上开启生成树协议后，若想使设备 B 与设备 C 之间运行 RSTP/PVST/MSTP 协议，除了要在设备 B 上配置生成树的工作模式为 RSTP/PVST/MSTP 外，还要在设备 B 与设备 C 相连的端口上都执行 mCheck 操作。

可以在全局或在端口上执行 mCheck 操作。

2.19.2 配置限制和指导

只有当生成树的工作模式为 RSTP 模式、PVST 模式或 MSTP 模式时执行 mCheck 操作才有效。

2.19.3 全局执行mCheck操作

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局执行 mCheck 操作。

stp global mcheck

2.19.4 在端口上执行mCheck操作

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 在端口上执行 mCheck 操作。

stp mcheck

2.20 关闭PVST的PVID不一致保护功能

1. 功能简介

在当链路相连的两端 PVID 不一致时，PVST 的计算可能出现错误，为了防止这样的错误，系统默认会开启 PVID 不一致保护功能，即做 PVID 不一致的检查。若端口 PVID 不一致保护功能触发后，端口在 PVID 不一致的 VLAN 中，会变为阻塞状态。

在某些特定的组网场景中，比如网络中的接入层设备采用同样的配置，其接口 PVID 一致，而网络管理员在汇聚层设备的下行口（即连接接入层设备的接口）上做了不同的 PVID 配置，该配置与接入层设备的上行口（即连接汇聚层设备的接口）的 PVID 配置不一致时，有可能引起生成树的阻塞，为避免这种情况的发生，保持流量的转发，可以关闭 PVID 不一致保护功能。

2. 配置限制和指导

关闭 PVST 的 PVID 不一致保护功能后，如果链路两端端口 PVID 不一致，为了避免生成树的计算错误，需要注意：

- 除了缺省 VLAN，本端所在设备不能创建对端 PVID 对应的 VLAN，同样，对端也不能创建本端 PVID 对应的 VLAN。
- 本端端口的链路类型是 Hybrid 时，建议本端所在设备不创建以 Untagged 方式允许通过的 VLAN，同样，对端也不创建本端 Untagged 方式允许通过的 VLAN。
- 建议链路对端设备也关闭 PVST 的 PVID 不一致保护功能。
- 本配置在 PVST 工作模式下才能生效。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 关闭 PVST 的 PVID 不一致保护功能。

```
stp ignore-pvid-inconsistency
```

缺省情况下，PVST 的 PVID 不一致保护功能处于开启状态。

2.21 配置摘要侦听功能

1. 功能简介

根据 IEEE 802.1s 规定，只有在 MST 域配置（包括域名、修订级别和 VLAN 映射关系）完全一致的情况下，相连的设备才被认为是在同一个域内。当设备开启了生成树协议以后，设备之间通过识别 BPDU 数据报文内的配置 ID 来判断相连的设备是否与自己处于相同的 MST 域内；配置 ID 包含域名、修订级别、配置摘要等内容，其中配置摘要长 16 字节，是由 HMAC-MD5 算法将 VLAN 与 MSTI 的映射关系加密计算而成。

在网络中，由于一些厂商的设备在对生成树协议的实现上存在差异，即用加密算法计算配置摘要时采用私有的密钥，从而导致即使 MST 域配置相同，不同厂商的设备之间也不能实现在 MST 域内的互通。

通过在我方设备与对生成树协议的实现存在差异的第三方厂商设备相连的端口上开启摘要侦听功能，可以实现我方设备与这些厂商设备在 MST 域内的完全互通。

2. 配置限制和指导

摘要侦听功能在端口生效后，由于不再通过配置摘要的比较计算来判断是否在同一个域内，因此需要保证互连设备的域配置中 VLAN 与 MSTI 映射关系的配置相同。

全局开启摘要侦听功能后，如果要修改 VLAN 与 MSTI 间的映射关系，或执行 **undo stp region-configuration** 命令取消当前域配置，均可能因与邻接设备的 VLAN 和 MSTI 映射关系不一致而导致环路或流量中断，因此请谨慎操作。

只有当全局和端口上都开启了摘要侦听功能后，该功能才能生效。开启摘要侦听功能时，建议先在所有与第三方厂商设备相连的端口上开启该功能，再全局开启该功能，以一次性让所有端口的配置生效，从而减少对网络的冲击。

请不要在 MST 域的边界端口上开启摘要侦听功能，否则可能会导致环路。

建议配置完摘要侦听功能后再开启生成树协议。在网络稳定的情况下不要进行摘要侦听功能的配置，以免造成临时的流量中断。

3. 配置准备

配置本任务前，请确保生成树协议在我方设备与第三方厂商设备上均正常运行。

4. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 在端口上开启摘要侦听功能。

stp config-digest-snooping

缺省情况下，端口上的摘要侦听功能处于关闭状态。

(4) 退回系统视图。

quit

(5) 全局开启摘要侦听功能。

stp global config-digest-snooping

缺省情况下，摘要侦听功能处于全局关闭状态。

2.22 配置No Agreement Check功能

1. 功能简介

RSTP 和 MSTP 的指定端口快速迁移机制使用两种协议报文：

- Proposal 报文：指定端口请求快速迁移的报文。
- Agreement 报文：同意对端进行快速迁移的报文。

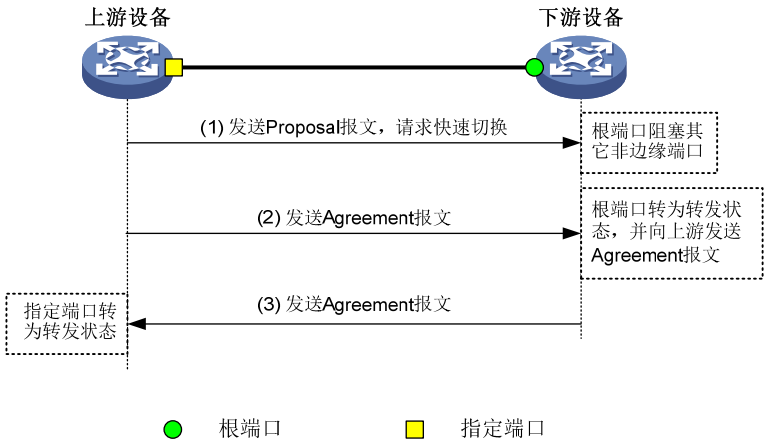
RSTP 和 MSTP 均要求上游设备的指定端口在接收到下游设备的 Agreement 报文后才能进行快速迁移。不同之处如下：

- 对于 MSTP，上游设备先向下游设备发送 Agreement 报文，而下游设备的根端口只有在收到了上游设备的 Agreement 报文后才会向上游设备回应 Agreement 报文。

- 对于 RSTP，下游设备无需等待上游设备发送 Agreement 报文就可向上游设备发送 Agreement 报文。

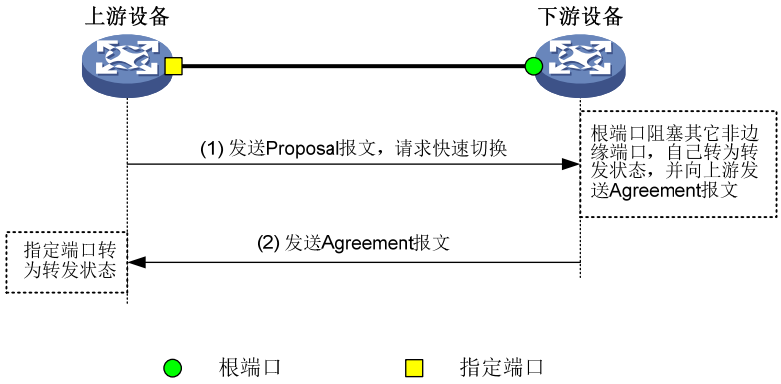
如 图 2-1 所示，是MSTP的指定端口快速迁移机制。

图2-1 MSTP 指定端口快速迁移机制



如 图 2-2 所示，是RSTP的指定端口快速迁移机制。

图2-2 RSTP 指定端口快速迁移机制



当我方设备与作为上游设备且与对生成树协议的实现存在差异的第三方厂商设备互联时，二者在快速迁移的配合上可能会存在一定的限制。例如：上游设备指定端口的状态迁移实现机制与 RSTP 类似；而下游设备运行 MSTP 并且不工作在 RSTP 模式时，由于下游设备的根端口接收不到上游设备的 Agreement 报文，它不会向上游设备发 Agreement 报文，所以上游设备的指定端口无法实现状态的快速迁移，只能在 2 倍的 Forward Delay 延时后变成转发状态。

通过在我方设备与对生成树协议的实现存在私有性差异的上游第三方厂商设备相连的端口上开启 No Agreement Check 功能，可避免这种情况的出现，使得上游的第三方厂商设备的指定端口能够进行状态的快速迁移。

2. 配置限制和指导

请在设备的根端口上进行如下配置，且本功能只有在根端口上配置才会生效。

3. 配置准备

设备与作为上游设备且支持生成树协议的第三方厂商设备互连，并且端口之间为点对点链路。

为我方设备与第三方厂商设备配置相同的域名、域配置修订级别和 VLAN 与 MSTI 的映射关系，以确保它们在同一个域内。

4. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启 No Agreement Check 功能。

stp no-agreement-check

缺省情况下，No Agreement Check 功能处于关闭状态。

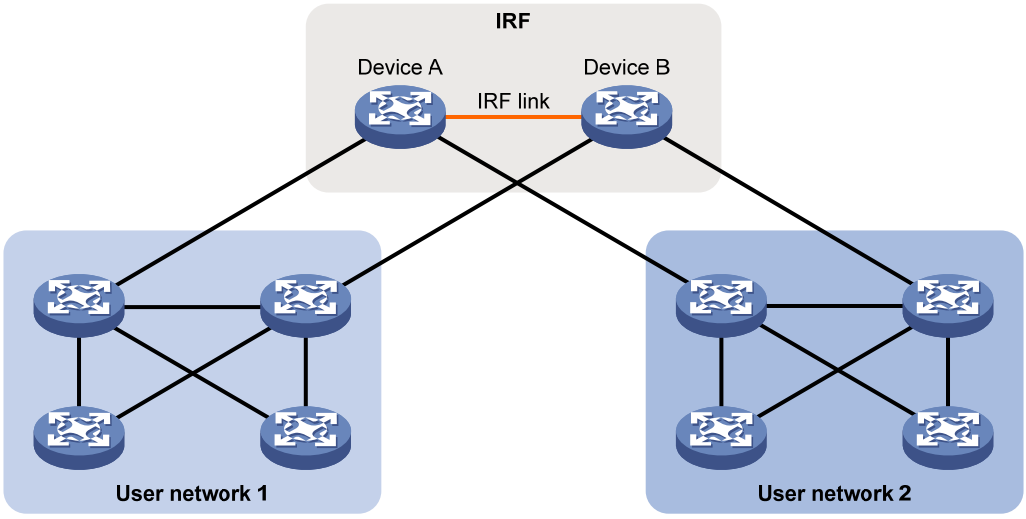
2.23 配置TC Snooping功能

1. 功能简介

TC Snooping功能的典型应用环境如 图 2-3 所示。在该组网中，由Device A和Device B组成的IRF设备未开启生成树协议，而用户网络 1 和用户网络 2 中的所有设备均开启了生成树协议。用户网络 1 和用户网络 2 均通过双上行链路与IRF设备相连以提高链路可靠性，IRF设备可以透明传输每个用户网络中的BPDU。

在该组网中，当用户网络的拓扑结构发生改变时，由于 IRF 设备对 BPDU 进行了透明传输而不参与生成树计算，因而其本身可能需经过较长时间才能重新学到正确的 MAC 地址表项和 ARP 表项，在此期间可能导致网络中断。

图2-3 TC Snooping 功能典型应用组网图



为了避免这种情况，可以通过在 IRF 设备上开启 TC Snooping 功能，使其在收到 TC-BPDU（网络拓扑发生变化的通知报文）后，主动更新接收该报文的端口所属的 VLAN 所对应的 MAC 地址表和

ARP 表，从而保证业务流量的正常转发。有关 MAC 地址表和 ARP 表的详细介绍，请分别参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“MAC 地址表”和“三层技术-IP 业务配置指导”中的“ARP”。

2. 配置限制和指导

配置 TC Snooping 功能时，需要注意：

- TC Snooping 功能与生成树协议互斥，因此在开启 TC Snooping 功能之前必须全局关闭生成树协议。
- L2PT 功能比 TC Snooping 功能的优先级高，因此若某端口开启了生成树协议的 L2PT 功能，TC Snooping 功能将不会在该端口上生效。
- TC Snooping 功能不支持 PVST 格式的 TC-BPDU，因此在 PVST 模式下不支持该功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局关闭生成树协议。

undo stp global enable

对于 S5000V3-EI、S5000E-X 系列交换机，缺省情况下，全局生成树协议处于关闭状态。

对于其他系列交换机：

- 空配置启动时，使用软件功能缺省值，全局生成树协议处于关闭状态。
- 出厂配置启动时，使用软件功能出厂值，全局生成树协议处于开启状态。

关于空配置启动和出厂配置启动的详细介绍，请参见“基础配置指导”中的“配置文件管理”。

(3) 开启 TC Snooping 功能。

stp tc-snooping

缺省情况下，TC Snooping 功能处于关闭状态。

2.24 配置生成树保护功能

2.24.1 生成树保护功能配置任务简介

本节中的所有配置均为可选，请根据实际情况选择配置。

- 配置BPDU保护功能
- 配置根保护功能
- 配置环路保护功能
- 配置端口角色限制功能
- 配置TC-BPDU传播限制功能
- 配置防TC-BPDU攻击保护功能
- 配置BPDU拦截功能
- 配置MSTP的PVST报文保护功能
- 关闭Dispute保护功能

2.24.2 配置BPDU保护功能

1. 功能简介

对于接入层设备，接入端口一般直接与用户终端（如 PC）或文件服务器相连，此时接入端口被设置为边缘端口以实现这些端口的快速迁移；当这些端口接收到 BPDU 时系统会自动将这些端口设置为非边缘端口，重新计算生成树，引起网络拓扑结构的变化。这些端口正常情况下应该不会收到 STP 的 BPDU。如果有人伪造 BPDU 恶意攻击设备，就会引起网络震荡。

生成树协议提供了 BPDU 保护功能来防止这种攻击：设备上开启了 BPDU 保护功能后，如果边缘端口收到了 BPDU，系统就将这些端口关闭，同时通知网管这些端口已被生成树协议关闭。被关闭的端口在经过一定时间间隔之后将被重新激活，这个时间间隔可通过 **shutdown-interval** 命令配置。有关该命令的详细介绍，请参见“基础配置命令参考”中的“设备管理”。

2. 配置限制和指导

BPDU 保护功能支持在系统视图下配置或在指定端口配置。对于一个端口来说，优先采用该端口的配置，只有该端口内未进行配置时，才采用全局的配置。

配置端口的 BPDU 保护功能时，请在直连用户终端的端口上配置，勿在连接其他设备或共享网段的端口上配置。

BPDU 保护功能对开启了环回测试功能的端口无效。有关环回测试功能的相关介绍，请参见“接口管理配置指导”中的“以太网接口”。

3. 系统视图下配置BPDU保护功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启全局的 BPDU 保护功能。

stp bpdu-protection

缺省情况下，全局的 BPDU 保护功能处于关闭状态。

4. 接口视图下配置BPDU保护功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的 BPDU 保护功能。

stp port bpdu-protection { **enable** | **disable** }

缺省情况下，边缘端口的 BPDU 保护功能与全局的 BPDU 保护功能的开关状态保持一致。

2.24.3 配置根保护功能

1. 功能简介

请在设备的指定端口上配置本功能。

生成树的根桥和备份根桥应该处于同一个域内，特别是对于 CIST 的根桥和备份根桥，网络设计时一般会把 CIST 的根桥和备份根桥放在一个高带宽的核心域内。但是，由于维护人员的错误配置或网络中的恶意攻击，网络中的合法根桥有可能会收到优先级更高的 BPDU，这样当前合法根桥会失

去根桥的地位，引起网络拓扑结构的错误变动。这种不合法的变动，会导致原来应该通过高速链路的流量被牵引到低速链路上，导致网络拥塞。

为了防止这种情况发生，生成树协议提供了根保护功能：对于开启了根保护功能的端口，其在所有MSTI上的端口角色只能为指定端口。一旦该端口收到某MSTI优先级更高的BPDU，立即将该MSTI端口设置为侦听状态，不再转发报文（相当于将此端口相连的链路断开）。当在2倍的Forward Delay时间内没有收到更优的BPDU时，端口会恢复原来的正常状态。

2. 配置限制和指导

在同一个端口上，不允许同时配置根保护功能和环路保护功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入接口视图。

```
interface interface-type interface-number
```

(3) 开启端口的根保护功能。

```
stp root-protection
```

缺省情况下，端口上的根保护功能处于关闭状态。

2.24.4 配置环路保护功能

1. 功能简介

请在设备的根端口和替换端口上配置本功能。

依靠不断接收上游设备发送的BPDU，设备可以维持根端口和其他阻塞端口的状态。但是由于链路拥塞或者单向链路故障，这些端口会收不到上游设备的BPDU，此时下游设备会重新选择端口角色，收不到BPDU的下游设备端口会转变为指定端口，而阻塞端口会迁移到转发状态，从而交换网络中会产生环路。环路保护功能会抑制这种环路的产生。

在开启了环路保护功能的端口上，其所有MSTI的初始状态均为Discarding状态：如果该端口收到了BPDU，这些MSTI可以进行正常的状态迁移；否则，这些MSTI将一直处于Discarding状态以避免环路的产生。

2. 配置限制和指导

请不要在与用户终端相连的端口上开启环路保护功能，否则该端口会因收不到BPDU而导致其所有MSTI将一直处于Discarding状态。

在同一个端口上，不允许同时配置边缘端口和环路保护功能，或者同时配置根保护功能和环路保护功能。

以下端口配置环路保护功能后，该端口不会因收不到BPDU而导致其一直处于Discarding状态，而是进行端口状态迁移，经过两个Forward Delay时长后再次变为Forwarding状态：

- 端口状态从down变成up。
- 处于up状态的端口，生成树功能状态从关闭变成开启。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启端口的环路保护功能。

stp loop-protection

缺省情况下，端口的环路保护功能处于关闭状态。

2.24.5 配置端口角色限制功能

1. 功能简介

请在与用户接入网络相连的端口上配置本功能。

用户接入网络中设备桥 ID 的变化会引起核心网络生成树拓扑的改变。为了避免这种情况，可以在端口上开启端口角色限制功能，此后当该端口收到最优根消息时将不再当选为根端口，而是成为替换端口。

2. 配置限制和指导

开启端口角色限制功能后可能影响生成树拓扑的连通性，请慎重配置。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启端口角色限制功能。

stp role-restriction

缺省情况下，端口角色限制功能处于关闭状态。

2.24.6 配置TC-BPDU传播限制功能

1. 功能简介

请在与用户接入网络相连的端口上配置本功能。

用户接入网络的拓扑改变会引起核心网络的转发地址更新，当用户接入网络的拓扑因某种原因而不稳定时，就会对核心网络形成冲击。为了避免这种情况，可以在端口上开启 TC-BPDU 传播限制功能，此后当该端口收到 TC-BPDU 时，不会再向其他端口传播。

2. 配置限制和指导

开启 TC-BPDU 传播限制功能后，当拓扑改变时原有转发地址表项可能无法更新，请慎重配置。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启 TC-BPDU 传播限制功能。

stp tc-restriction

缺省情况下，TC-BPDU 传播限制功能处于关闭状态。

2.24.7 配置防TC-BPDU攻击保护功能

1. 功能简介

设备在收到 TC-BPDU 后，会执行转发地址表项的刷新操作。在有人伪造 TC-BPDU 恶意攻击设备时，设备短时间内会收到很多的 TC-BPDU，频繁的刷新操作给设备带来很大负担，给网络的稳定带来很大隐患。而通过在设备上开启防 TC-BPDU 攻击保护功能，就可以避免转发地址表项的频繁刷新。

当开启了防 TC-BPDU 攻击保护功能后，如果设备在单位时间（固定为十秒）内收到 TC-BPDU 的次数大于 **stp tc-protection threshold** 命令所指定的最高次数（假设为 N 次），那么该设备在这段时间之内将只进行 N 次刷新转发地址表项的操作，而对于超出 N 次的那些 TC-BPDU，设备会在这段时间过后再统一进行一次地址表项刷新的操作，这样就可以避免频繁地刷新转发地址表项。

2. 配置限制和指导

建议不要关闭防 TC-BPDU 攻击保护功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启防 TC-BPDU 攻击保护功能。

stp tc-protection

缺省情况下，防 TC-BPDU 攻击保护功能处于开启状态。

(3) （可选）配置在单位时间（固定为十秒）内，设备收到 TC-BPDU 后立即刷新转发地址表项的最高次数。

stp tc-protection threshold *number*

缺省情况下，在单位时间（固定为十秒）内，设备收到 TC-BPDU 后立即刷新转发地址表项的最高次数为 6。

2.24.8 配置BPDU拦截功能

1. 功能简介

在开启了生成树协议的网络中，由于设备收到 BPDU 后会进行 STP 计算并向其他设备转发，因此恶意用户可借此进行 BPDU 攻击：通过不停地发送 BPDU，使网络中的所有设备都不停地进行 STP 计算，从而导致设备的 CPU 占用率过高或 BPDU 的协议状态错误等问题。

为了避免这种情况，用户可以在端口上配置 BPDU 拦截功能。开启了该功能的端口将不再接收任何 BPDU，从而能够防止设备遭受 BPDU 攻击，保证 STP 计算的正确性。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启端口的 BPDU 拦截功能。

bpdu-drop any

缺省情况下，端口的 BPDU 拦截功能处于关闭状态。

2.24.9 配置MSTP的PVST报文保护功能

1. 功能简介

本配置在 MSTP 工作模式下才能生效。

对于开启 MSTP 的设备，并不识别 PVST 报文，所以开启 MSTP 的设备会将 PVST 报文当做数据报文转发。在另一个并不相干的网络中，开启 PVST 的设备收到该报文，处理后可能导致该网络的拓扑计算出现错误。

对于这个问题，可以通过配置 MSTP 的 PVST 报文保护功能来解决。在 MSTP 模式下，设备上开启了 PVST 报文保护功能后，如果端口收到了 PVST 报文，系统就将这些端口关闭。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启 MSTP 的 PVST 报文保护功能。

stp pvst-bpdu-protection

缺省情况下，MSTP 的 PVST 报文保护功能处于关闭状态。

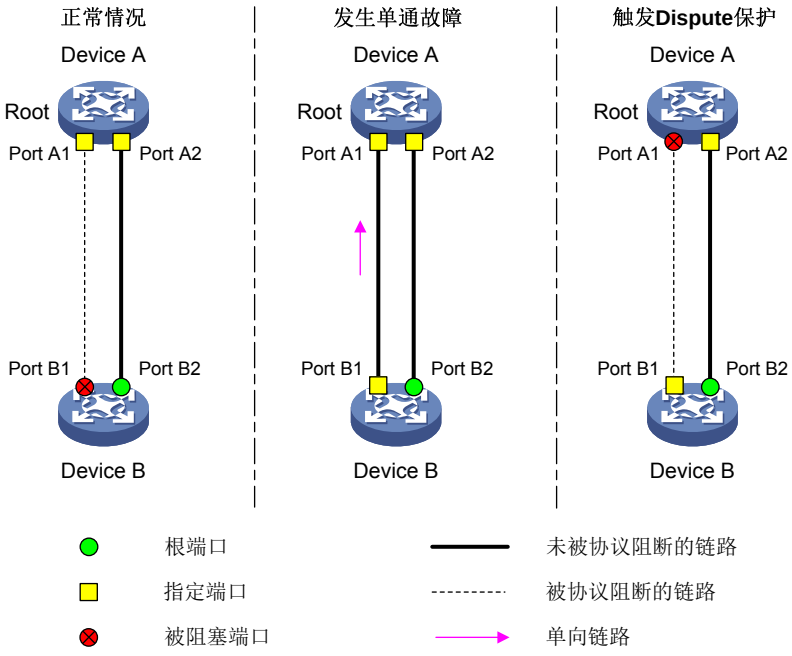
2.24.10 关闭Dispute保护功能

1. 功能简介

当端口收到指定端口发出的低优先级消息，且发送端口处于 Forwarding 或 Learning 状态时，会触发 Dispute 保护，阻塞端口以防止环路。

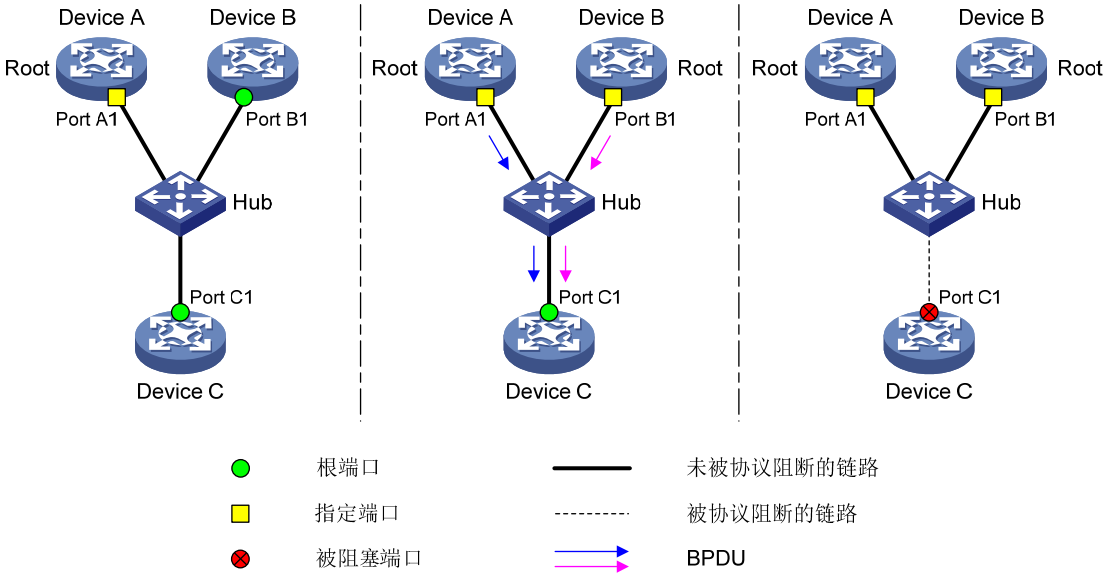
如 图 2-4 所示，正常情况下，Device A是根桥，经过生成树计算后，Port B1 被阻塞。如果Port A1 发生单通故障，即Port A1 不能发送报文，只能接收报文。Port B1 在一定时间内未收到Port A1 发送的BPDU，则Device B认为自己是根桥，由Port B1 发送低优先级BPDU到Port A1。此时，Port A2 和Port B2 之间链路正常，Device B会接收到自己发送BPDU，导致产生环路。因此当链路出现单通故障后，会触发Dispute保护功能，阻塞端口，防止环路。

图2-4 Dispute 保护触发场景（指定端口触发）



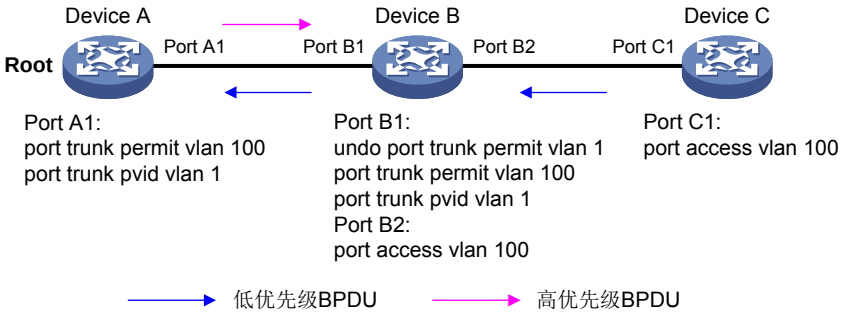
如 图 2-5所示，正常情况下，Device A是根桥，经过生成树计算后，Port B1 和Port C1 为根端口。如果Device A和Device B之间出现单通故障，Device B收不到Device A的BPDU，则Device B认为自己是根桥，Device B以自己为根桥发送BPDU。此时Device C收到以Device A为根桥的BPDU和以Device B为根桥的BPDU，则Device C认为网络中存在环路，Port C1 触发Dispute保护，Port C1 被阻塞。

图2-5 Dispute 保护触发场景（根端口触发）



在如 图 2-6 所示的VLAN组网的场景中，需要关闭Dispute保护功能，防止链路被阻塞。Device A和Device C开启生成树功能，Device B关闭生成树功能，此时Devcie B会透传BPDU。由于Device B上Port B1 的配置，导致Device C不能收到根桥Device A发送的VLAN 1 的高优先级BPDU。Device C在一定时间内未收到根桥发送的BPDU，则Device C认为自己是根桥，由Port C1 发送VLAN 100 的低优先级BPDU到Device A。Device A收到低优先级BPDU后，会触发Dispute保护阻塞端口，导致用户业务流量中断。为了保证业务流量正常处理，用户可以关闭Dispute保护功能，避免链路被生成树阻塞而影响用户业务。

图2-6 关闭 Dispute 保护功能使用场景



2. 配置限制和指导

如果用户不需要检测链路单通故障，则可以关闭该功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 关闭 Dispute 保护功能。

```
undo stp dispute-protection
```

缺省情况下，Dispute 保护功能处于开启状态。

2.25 配置在PVST模式下设备检测或接收到TC报文时打印日志信息

1. 功能简介

配置在 PVST 模式下，设备检测或接收到 TC 报文时打印日志信息。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 配置在 PVST 模式下设备检测或接收到 TC 报文时打印日志信息。

```
stp log enable tc
```

缺省情况下，PVST 模式下设备检测或接收到 TC 报文后，不打印日志信息。

2.26 配置被BPDU保护功能关闭的端口不再自动恢复

1. 功能简介

设备上使能了 BPDU 保护功能后，如果边缘端口收到了 BPDU，系统就将这些端口关闭，同时通知网管这些端口已被生成树协议关闭。被关闭的端口在经过一定时间间隔之后将被重新激活，这个时间间隔可通过 **shutdown-interval** 命令配置。有关该命令的详细介绍，请参见“基础配置命令参考”中的“设备管理”。

2. 配置限制和指导

配置 **stp port shutdown permanent** 命令后，端口被 BPDU 保护功能关闭，再执行 **undo stp port shutdown permanent** 命令，端口不会 UP，端口保持关闭状态，需要需要执行 **undo shutdown** 命令才能恢复。

端口被 BPDU 保护功能关闭，再配置 **stp port shutdown permanent** 命令，此时端口经过 **shutdown-interval** 命令配置的时间间隔后变为 UP 状态，当再次被生成树保护功能关闭时，端口才不会恢复，保持关闭状态。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置被 BPDU 保护功能关闭的端口不再自动恢复。

stp port shutdown permanent

缺省情况下，被 BPDU 保护功能关闭的端口会自动恢复。

2.27 配置生成树的网管功能

1. 功能简介

开启生成树的告警功能之后，生成树会生成告警信息，用于报告本模块的重要事件。生成的告警信息将发送至 SNMP 模块，通过配置 SNMP 中告警信息的发送参数，来决定告警信息输出的相关属性。有关告警信息的详细介绍，请参见“网络管理和监控配置指导”中的“SNMP”。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启生成树的告警功能。

snmp-agent trap enable stp [**new-root** | **tc**]

缺省情况下，生成树的 new-root 告警功能处于关闭状态。在 MSTP 模式下，生成树的 TC 告警功能在 MSTI 0 中处于开启状态，在其他 MSTI 中处于关闭状态。在 PVST 模式下，生成树的 TC 告警功能在所有 VLAN 中处于关闭状态。

2.28 生成树显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令都可以显示配置后生成树的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除生成树的统计信息。

表2-4 生成树显示和维护

操作	命令
显示生成树的状态和统计信息	**display stp** [**instance** *instance-list* | **vlan** *vlan-id-list*] [**interface** *interface-list* | **slot** *slot-number*] [**brief**]
显示生成树端口角色计算的历史信息	**display stp** [**instance** *instance-list* | **vlan** *vlan-id-list*] **history** [**slot** *slot-number*]
显示生成树所有端口收发的TC或TCN报文数	**display stp** [**instance** *instance-list* | **vlan** *vlan-id-list*] **tc** [**slot** *slot-number*]
显示被生成树保护功能阻塞的端口历史信息	**display stp abnormal-port**
显示端口上的BPDU统计信息	**display stp bpdu-statistics** [**interface** *interface-type interface-number* [**instance** *instance-list*]]
显示被生成树保护功能down掉的端口信息	**display stp down-port**
显示生效的MST域配置信息	**display stp region-configuration**
显示所有生成树的根桥信息	**display stp root**
清除生成树的统计信息	**reset stp** [**interface** *interface-list*]

2.29 生成树典型配置举例

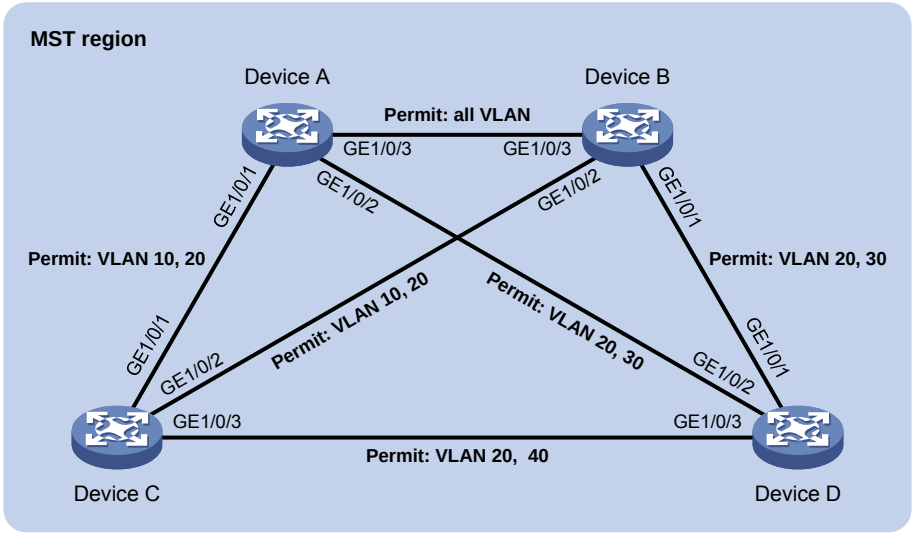
2.29.1 MSTP配置举例

1. 组网需求

- 网络中所有设备都属于同一个 MST 域。Device A 和 Device B 为汇聚层设备，Device C 和 Device D 为接入层设备。
- 通过配置 MSTP，使不同 VLAN 的报文按照不同的 MSTI 转发：VLAN 10 的报文沿 MSTI 1 转发，VLAN 30 沿 MSTI 3 转发，VLAN 40 沿 MSTI 4 转发，VLAN 20 沿 MSTI 0 转发。
- 由于 VLAN 10 和 VLAN 30 在汇聚层设备终结、VLAN 40 在接入层设备终结，因此配置 MSTI 1 和 MSTI 3 的根桥分别为 Device A 和 Device B，MSTI 4 的根桥为 Device C。

2. 组网图

图2-7 MSTP 典型配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 VLAN 和端口

请按照 图 2-7 在Device A和Device B上分别创建VLAN 10、20 和 30，在Device C上创建VLAN 10、20 和 40，在Device D上创建VLAN 20、30 和 40；将各设备的各端口配置为Trunk端口并允许相应的VLAN通过，具体配置过程略。

(2) 配置 Device A

配置 MST 域的域名为 example，将 VLAN 10、30、40 分别映射到 MSTI 1、3、4 上，并配置 MSTP 的修订级别为 0。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] stp region-configuration
[DeviceA-mst-region] region-name example
[DeviceA-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceA-mst-region] instance 3 vlan 30
[DeviceA-mst-region] instance 4 vlan 40
[DeviceA-mst-region] revision-level 0
```

激活 MST 域的配置。

```
[DeviceA-mst-region] active region-configuration
[DeviceA-mst-region] quit
```

配置本设备为 MSTI 1 的根桥。

```
[DeviceA] stp instance 1 root primary
```

全局开启生成树协议。

```
[DeviceA] stp global enable
```

(3) 配置 Device B

配置 MST 域的域名为 example，将 VLAN 10、30、40 分别映射到 MSTI 1、3、4 上，并配置 MSTP 的修订级别为 0。

```
<DeviceB> system-view
```

```
[DeviceB] stp region-configuration
[DeviceB-mst-region] region-name example
[DeviceB-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceB-mst-region] instance 3 vlan 30
[DeviceB-mst-region] instance 4 vlan 40
[DeviceB-mst-region] revision-level 0
```

激活 MST 域的配置。

```
[DeviceB-mst-region] active region-configuration
[DeviceB-mst-region] quit
```

配置本设备为 MSTI 3 的根桥。

```
[DeviceB] stp instance 3 root primary
```

全局开启生成树协议。

```
[DeviceB] stp global enable
```

(4) 配置 Device C

配置 MST 域的域名为 example，将 VLAN 10、30、40 分别映射到 MSTI 1、3、4 上，并配置 MSTP 的修订级别为 0。

```
<DeviceC> system-view
[DeviceC] stp region-configuration
[DeviceC-mst-region] region-name example
[DeviceC-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceC-mst-region] instance 3 vlan 30
[DeviceC-mst-region] instance 4 vlan 40
[DeviceC-mst-region] revision-level 0
```

激活 MST 域的配置。

```
[DeviceC-mst-region] active region-configuration
[DeviceC-mst-region] quit
```

配置本设备为 MSTI 4 的根桥。

```
[DeviceC] stp instance 4 root primary
```

全局开启生成树协议。

```
[DeviceC] stp global enable
```

(5) 配置 Device D

配置 MST 域的域名为 example，将 VLAN 10、30、40 分别映射到 MSTI 1、3、4 上，并配置 MSTP 的修订级别为 0。

```
<DeviceD> system-view
[DeviceD] stp region-configuration
[DeviceD-mst-region] region-name example
[DeviceD-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceD-mst-region] instance 3 vlan 30
[DeviceD-mst-region] instance 4 vlan 40
[DeviceD-mst-region] revision-level 0
```

激活 MST 域的配置。

```
[DeviceD-mst-region] active region-configuration
[DeviceD-mst-region] quit
```

全局开启生成树协议。

```
[DeviceD] stp global enable
```

4. 验证配置

说明

在本例中，假定 Device B 的根桥 ID 最小，因此该设备将在 MSTI 0 中被选举为根桥。

当网络拓扑稳定后，通过使用 **display stp brief** 命令可以查看各设备上生成树的简要信息。例如：

查看 Device A 上生成树的简要信息。

```
[DeviceA] display stp brief
 MST ID      Port                        Role  STP State     Protection
 0           GigabitEthernet1/0/1        ALTE  DISCARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/3        ROOT  FORWARDING    NONE
 1           GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 1           GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
 3           GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 3           GigabitEthernet1/0/3        ROOT  FORWARDING    NONE
```

查看 Device B 上生成树的简要信息。

```
[DeviceB] display stp brief
 MST ID      Port                        Role  STP State     Protection
 0           GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
 1           GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 1           GigabitEthernet1/0/3        ROOT  FORWARDING    NONE
 3           GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 3           GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
```

查看 Device C 上生成树的简要信息。

```
[DeviceC] display stp brief
 MST ID      Port                        Role  STP State     Protection
 0           GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/2        ROOT  FORWARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
 1           GigabitEthernet1/0/1        ROOT  FORWARDING    NONE
 1           GigabitEthernet1/0/2        ALTE  DISCARDING    NONE
 4           GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
```

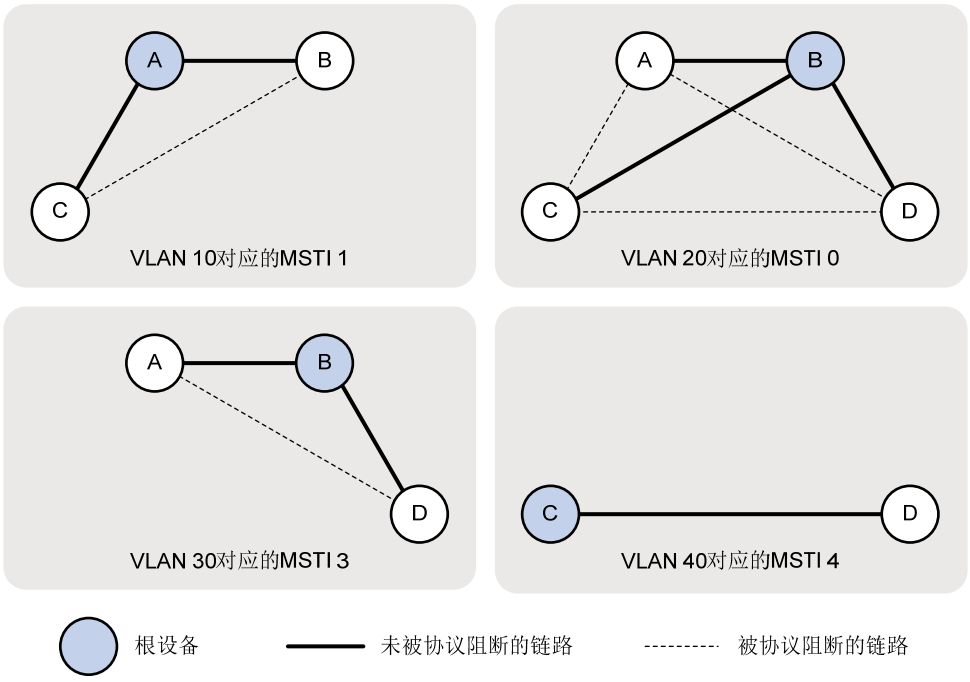
查看 Device D 上生成树的简要信息。

```
[DeviceD] display stp brief
 MST ID      Port                        Role  STP State     Protection
 0           GigabitEthernet1/0/1        ROOT  FORWARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/2        ALTE  DISCARDING    NONE
 0           GigabitEthernet1/0/3        ALTE  DISCARDING    NONE
 3           GigabitEthernet1/0/1        ROOT  FORWARDING    NONE
 3           GigabitEthernet1/0/2        ALTE  DISCARDING    NONE
```

```
4           GigabitEthernet1/0/3          ROOT   FORWARDING    NONE
```

根据上述显示信息，可以绘出各VLAN所对应MSTI的拓扑，如 图 2-8 所示。

图2-8 各 VLAN 所对应 MSTI 的拓扑图



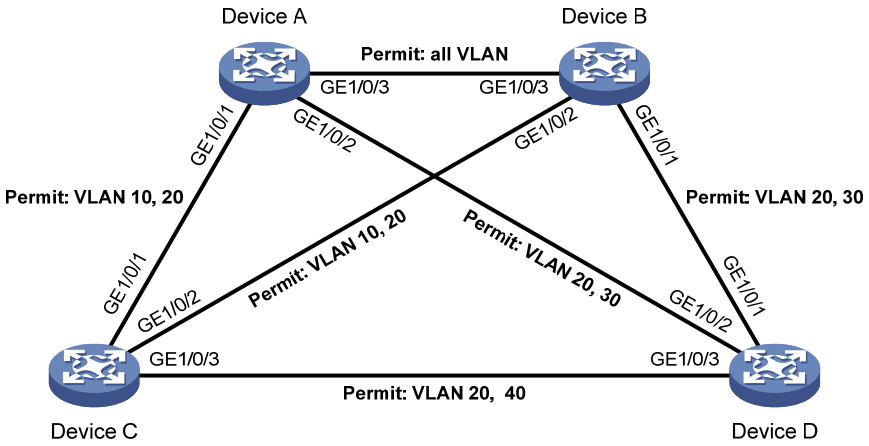
2.29.2 PVST配置举例

1. 组网需求

- Device A 和 Device B 为汇聚层设备，Device C 和 Device D 为接入层设备。
- 通过配置 PVST，使 VLAN 10、20、30 和 40 中的报文分别按照其各自 VLAN 所对应的生成树转发。
- 由于 VLAN 10、20 和 30 在汇聚层设备终结、VLAN 40 在接入层设备终结，因此配置 VLAN 10 和 20 的根桥为 Device A，VLAN 30 的根桥为 Device B，VLAN 40 的根桥为 Device C。

2. 组网图

图2-9 PVST 典型配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 VLAN 和端口

请按照 图 2-9 在Device A和Device B上分别创建VLAN 10、20 和 30，在Device C上创建VLAN 10、20 和 40，在Device D上创建VLAN 20、30 和 40；将各设备的各端口配置为Trunk端口并允许相应的VLAN通过，具体配置过程略。

(2) 配置 Device A

配置生成树的工作模式为 PVST 模式。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] stp mode pvst
```

配置本设备为 VLAN 10 和 VLAN 20 的根桥。

```
[DeviceA] stp vlan 10 20 root primary
```

全局开启生成树协议，并开启 VLAN 10、20 和 30 中的生成树协议。

```
[DeviceA] stp global enable
[DeviceA] stp vlan 10 20 30 enable
```

(3) 配置 Device B

配置生成树的工作模式为 PVST 模式。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] stp mode pvst
```

配置本设备为 VLAN 30 的根桥。

```
[DeviceB] stp vlan 30 root primary
```

全局开启生成树协议，并开启 VLAN 10、20 和 30 中的生成树协议。

```
[DeviceB] stp global enable
[DeviceB] stp vlan 10 20 30 enable
```

(4) 配置 Device C

配置生成树的工作模式为 PVST 模式。

```
<DeviceC> system-view
[DeviceC] stp mode pvst
```

配置本设备为生成树 VLAN 40 的根桥。

```
[DeviceC] stp vlan 40 root primary
```

全局开启生成树协议，并开启 VLAN 10、20 和 40 中的生成树协议。

```
[DeviceC] stp global enable
[DeviceC] stp vlan 10 20 40 enable
```

(5) 配置 Device D

配置生成树的工作模式为 PVST 模式。

```
<DeviceD> system-view
[DeviceD] stp mode pvst
```

全局开启生成树协议，并开启 VLAN 20、30 和 40 中的生成树协议。

```
[DeviceD] stp global enable
[DeviceD] stp vlan 20 30 40 enable
```

4. 验证配置

当网络拓扑稳定后，通过使用 **display stp brief** 命令可以查看各设备上生成树的简要信息。例如：

查看 Device A 上生成树的简要信息。

```
[DeviceA] display stp brief
 VLAN ID     Port                        Role  STP State     Protection
 10          GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 10          GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
 30          GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 30          GigabitEthernet1/0/3        ROOT  FORWARDING    NONE
```

查看 Device B 上生成树的简要信息。

```
[DeviceB] display stp brief
 VLAN ID     Port                        Role  STP State     Protection
 10          GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 10          GigabitEthernet1/0/3        ROOT  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/2        DESI  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/3        ROOT  FORWARDING    NONE
 30          GigabitEthernet1/0/1        DESI  FORWARDING    NONE
 30          GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
```

查看 Device C 上生成树的简要信息。

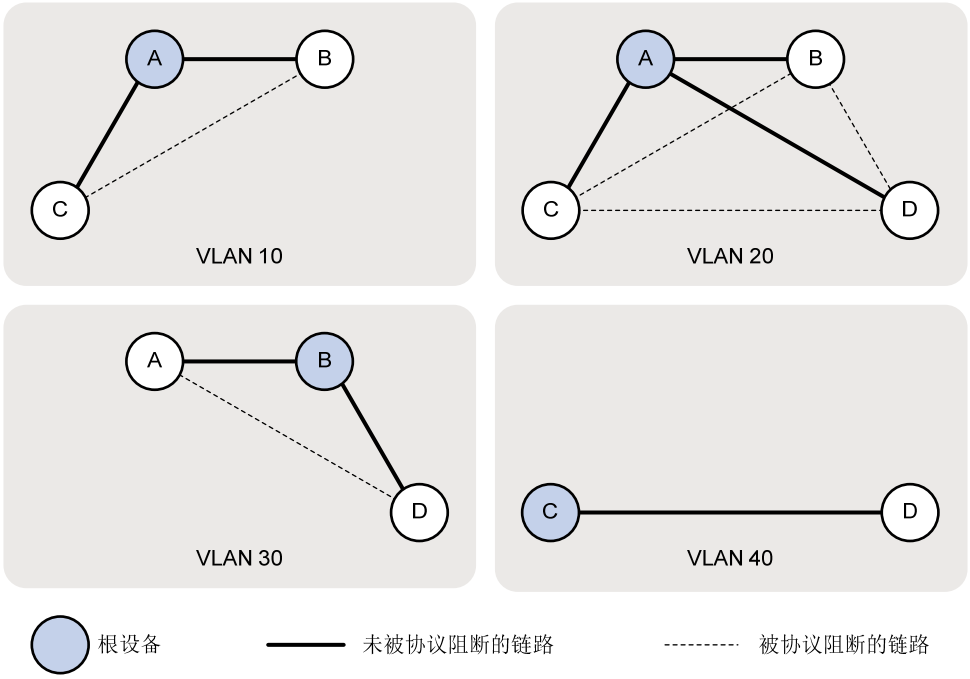
```
[DeviceC] display stp brief
 VLAN ID     Port                        Role  STP State     Protection
 10          GigabitEthernet1/0/1        ROOT  FORWARDING    NONE
 10          GigabitEthernet1/0/2        ALTE  DISCARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/1        ROOT  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/2        ALTE  DISCARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
 40          GigabitEthernet1/0/3        DESI  FORWARDING    NONE
```

查看 Device D 上生成树的简要信息。

```
[DeviceD] display stp brief
 VLAN ID     Port                          Role  STP State     Protection
 20          GigabitEthernet1/0/1          ALTE  DISCARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/2          ROOT  FORWARDING    NONE
 20          GigabitEthernet1/0/3          ALTE  DISCARDING    NONE
 30          GigabitEthernet1/0/1          ROOT  FORWARDING    NONE
 30          GigabitEthernet1/0/2          ALTE  DISCARDING    NONE
 40          GigabitEthernet1/0/3          ROOT  FORWARDING    NONE
```

根据上述显示信息，可以绘出各VLAN所对应生成树的拓扑，如 图 2-10 所示。

图2-10 各 VLAN 所对应生成树的拓扑图



目 录

1 环路检测

1.1 环路检测简介

1.1.1 环路检测产生背景

环路检测能够及时发现二层网络中的环路，通过周期性的检查，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。当网络中出现环路时，环路检测机制通过生成日志信息（请参见“网络管理和监控配置指导”中的“信息中心”）来通知用户，并可根据用户事先的配置来选择是否关闭出现环路的端口。

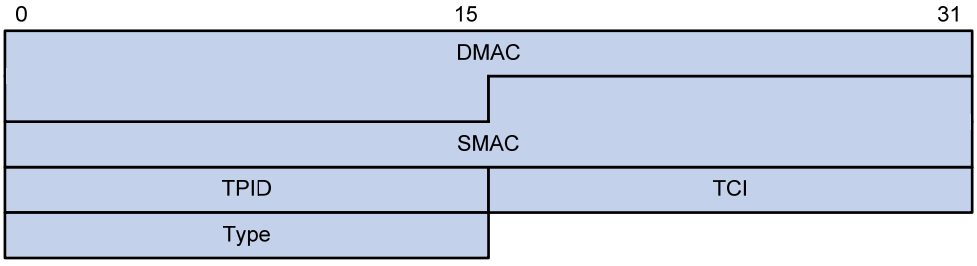
1.1.2 环路检测报文

设备通过发送环路检测报文并检测其是否返回本设备（不要求收、发端口为同一端口）以确认是否存在环路。若某端口收到了由本设备发出的环路检测报文，就认定该端口所在链路存在环路。

提示

环路检测通常工作在特定的 VLAN 内，但也可能因 QinQ 或 VLAN 映射等特性的配置错误而导致 VLAN 间的环路（即尽管发出和收到的报文所携带的 VLAN 信息不同，但仍认为存在环路）。有关 QinQ 和 VLAN 映射的详细介绍，请分别参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“QinQ”和“VLAN 映射”。

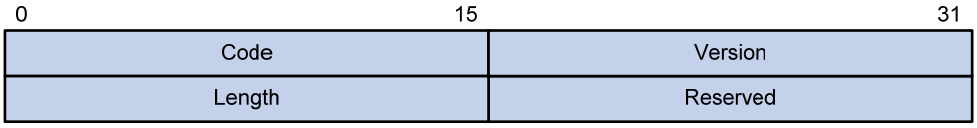
图1-1 环路检测报文以太网头的封装格式



环路检测报文以太网头的封装格式如 图 1-1 所示，其中各字段的解释如下：

- DMAC：报文的目的 MAC 地址，使用组播 MAC 地址 010f-e200-0007。当设备开启了环路检测功能时，会将该目的地址的报文上送 CPU 处理，并在收到该报文的 VLAN 内将原始报文广播一份。
- SMAC：报文的源 MAC 地址，为发送该报文的设备的桥 MAC。
- TPID：VLAN 标签的类型，取值为 0x8100。
- TCI：VLAN 标签的具体值，具体内容为优先级、VLAN ID 等。
- Type：协议类型，取值为 0x8918。

图1-2 环路检测报文内部头的封装格式



环路检测报文的内部头的封装格式如 图 1-2 所示，其中各字段的解释如下：

- Code：协议子类型，取值为 0x0001，表示环路检测协议。
- Version：版本，取值为 0x0000，目前保留。
- Length：报文长度（包括环路检测报文的头部，但不包括以太网头部）。
- Reserved：保留字段。

环路检测报文的内容以TLV（Type/Length/Value，类型/长度/值）格式进行封装，环路检测支持的TLV类型如 表 1-1 所示。

表1-1 环路检测支持的 TLV 类型

TLV 名称	说明	携带要求
End of PDU	结束TLV，用来标志PDU结束	可选
Device ID	设备标识TLV，表示发送设备的桥MAC地址	必须
Port ID	端口标识TLV，用来标识PDU发送端的端口索引	可选
Port Name	端口名称TLV，用来标识PDU发送端的端口名称	可选
System Name	系统名称TLV，表示设备的名称	可选
Chassis ID	框号TLV，表示发送端口所在的框号	可选
Slot ID	槽位号TLV，表示发送端口所在的槽位号	可选
Sub Slot ID	子槽位号TLV，表示发送端口所在的子槽位号	可选

1.1.3 环路检测时间间隔

由于网络时刻处于变化中，因此环路检测是一个持续的过程，它以一定的时间间隔发送环路检测报文来确定各端口是否出现环路、以及存在环路的端口上是否已消除环路等，这个时间间隔就称为环路检测的时间间隔。

1.1.4 环路检测处理模式

环路检测的处理模式是指当系统检测到端口出现环路时的处理方式，包括以下几种：

- Block 模式：当系统检测到端口出现环路时，除了生成日志信息外，还会禁止端口学习 MAC 地址并将端口阻塞。
- No-learning 模式：当系统检测到端口出现环路时，除了生成日志信息外，还会禁止端口学习 MAC 地址。

- Shutdown 模式：当系统检测到端口出现环路时，除了生成日志信息外，还会自动关闭该端口，使其不能收发任何报文。

缺省情况下，系统不采用上述任何一种模式，当系统检测到端口出现环路时，除了生成日志信息外不对该端口进行任何处理。

1.1.5 端口状态自动恢复

在 Block 模式和 No-learning 模式下，当设备检测到某端口出现环路后，若在三倍的环路检测时间间隔内仍未收到环路检测报文，就认为该端口上的环路已消除，自动将该端口恢复为正常转发状态，并通知给用户。这个过程就是端口状态的自动恢复过程。

在 Shutdown 模式下，出现环路的端口先被自动关闭，然后在 **shutdown-interval** 命令（请参考“基础配置命令参考”中的“设备管理”）所配置的时间之后自动恢复。如果此时环路尚未消除，该端口将被再次关闭，然后恢复……如此往复直至环路消除。


提示

当网络中存在环路时，为防止大量报文的冲击，设备会丢弃部分报文。而如果环路检测报文也被丢弃，设备在端口状态自动恢复功能的作用下会误判定环路已消除。在这种情况下，建议将环路检测的处理模式配置为 Shutdown 模式，或当设备提示出现环路时通过手工排查来消除环路。

1.2 环路检测配置任务简介

环路检测配置任务如下：

(1) 开启环路检测功能
- 全局开启环路检测功能
- 在端口上开启环路检测功能

(2) （可选）配置环路检测处理模式
- 全局配置环路检测处理模式
- 在接口上配置环路检测处理模式

(3) （可选）配置环路检测时间间隔

1.3 开启环路检测功能

1.3.1 配置限制和指导

配置环路检测时，需要注意：设备全局或者端口开启环路检测功能，当设备上任一端口收到设备发送的任一 VLAN 的环路检测报文时，会触发该端口的环路保护动作。

1.3.2 全局开启环路检测功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局开启环路检测功能。

loopback-detection global enable vlan { *vlan-id-list* | **all** }

缺省情况下，环路检测功能处于全局关闭状态。

1.3.3 在端口上开启环路检测功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口/二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 在端口上开启环路检测功能。

loopback-detection enable vlan { *vlan-id-list* | **all** }

缺省情况下，端口上的环路检测功能处于关闭状态。

1.4 配置环路检测处理模式

1.4.1 配置限制和指导

用户可以在系统视图下全局配置环路检测的处理模式，也可以在接口视图下配置当前端口的环路检测处理模式。系统视图下的配置对所有端口都有效，接口视图下的配置则只对当前端口有效，且接口视图下的配置优先级较高。

1.4.2 全局配置环路检测处理模式

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局配置环路检测的处理模式。

loopback-detection global action shutdown

缺省情况下，当系统检测到端口出现环路时不对该端口进行任何处理，仅生成日志信息。

1.4.3 在接口上配置环路检测处理模式

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 在端口上配置环路检测的处理模式。

loopback-detection action { **block** | **no-learning** | **shutdown** }

缺省情况下，当系统检测到端口出现环路时不对该端口进行任何处理，仅生成日志信息。

不同接口下支持配置处理模式不同，具体支持情况请参见命令手册。

1.5 配置环路检测时间间隔

1. 功能简介

当开启了环路检测功能后，系统开始以一定的时间间隔发送环路检测报文，该间隔越长耗费的系统性能越少，该间隔越短环路检测的灵敏度越高。用户可以通过本配置调整发送环路检测报文的时间间隔，以在系统性能和环路检测的灵敏度之间进行平衡。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置环路检测的时间间隔。

loopback-detection interval-time *interval*

缺省情况下，环路检测的时间间隔为 30 秒。

1.6 环路检测显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后环路检测的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-2 环路检测显示和维护

操作	命令
显示环路检测的配置和运行情况	**display loopback-detection**

1.7 环路检测典型配置举例

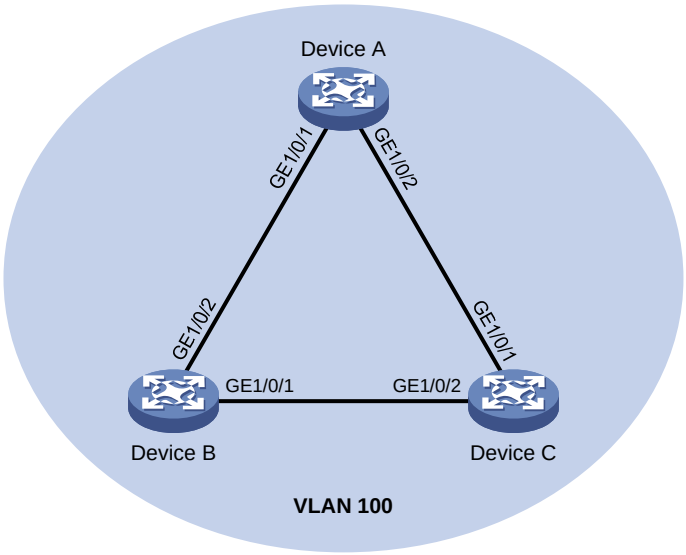
1.7.1 环路检测基本功能配置举例

1. 组网需求

- 三台设备 Device A、Device B 和 Device C 组成一个物理上的环形网络。
- 通过在 Device A 上配置环路检测功能，使系统能够自动关闭 Device A 上出现环路的端口，并通过打印日志信息来通知用户检查网络。

2. 组网图

图1-3 环路检测基本功能配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device A

创建 VLAN 100，并全局开启该 VLAN 内的环路检测功能。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 100
[DeviceA-vlan100] quit
[DeviceA] loopback-detection global enable vlan 100
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 类型，并允许 VLAN 100 通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

全局配置环路检测的处理模式为 Shutdown 模式。

```
[DeviceA] loopback-detection global action shutdown
```

配置环路检测的时间间隔为 35 秒。

```
[DeviceA] loopback-detection interval-time 35
```

(2) 配置 Device B

创建 VLAN 100。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] vlan 100
[DeviceB-vlan100] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 类型，并允许 VLAN 100 通过。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(3) 配置 Device C

创建 VLAN 100。

```
<DeviceC> system-view
[DeviceC] vlan 100
[DeviceC–vlan100] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 类型，并允许 VLAN 100 通过。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] quit
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

4. 验证配置

当配置完成后，系统在一个环路检测时间间隔内在 Device A 的端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上都检测到了环路，于是将这两个端口自动关闭，并打印了如下日志信息：

```
[DeviceA]
%Feb 24 15:04:29:663 2013 DeviceA LPDT/4/LPDT_LOOPED: Loopback exists on
GigabitEthernet1/0/1.
%Feb 24 15:04:29:667 2013 DeviceA LPDT/4/LPDT_LOOPED: Loopback exists on
GigabitEthernet1/0/2.
%Feb 24 15:04:44:243 2013 DeviceA LPDT/5/LPDT_RECOVERED: Loopback on GigabitEthernet1/0/1
recovered.
%Feb 24 15:04:44:248 2013 DeviceA LPDT/5/LPDT_RECOVERED: Loopback on GigabitEthernet1/0/2
recovered.
```

使用 **display loopback-detection** 命令可以查看 Device A 上环路检测的配置和运行情况：

显示 Device A 上环路检测的配置和运行情况。

```
[DeviceA] display loopback-detection
Loopback detection is enabled.
Loopback detection interval is 35 second(s).
No loopback is detected.
```

由此可见，Device A 上并未显示在端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上检测到环路，这是由于环路检测功能运行在 Shutdown 模式下，端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上出现环路后均已被自动关闭，因此这两个端口上的环路已消除。此时，使用

display interface 命令分别查看 Device A 上端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 的状态信息：

显示 Device A 上端口 GigabitEthernet1/0/1 的状态信息。

```
[DeviceA] display interface gigabitethernet 1/0/1
GigabitEthernet1/0/1 current state: DOWN (Loopback detection down)
...
```

显示 Device A 上端口 GigabitEthernet1/0/2 的状态信息。

```
[DeviceA] display interface gigabitethernet 1/0/2
GigabitEthernet1/0/2 current state: DOWN (Loopback detection down)
...
```

由此可见，端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 均已被环路检测模块自动关闭。

目 录

1 VLAN

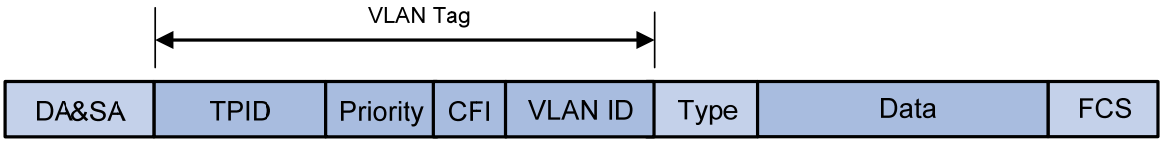
1.1 VLAN简介

VLAN（Virtual Local Area Network，虚拟局域网）技术把一个物理 LAN 划分成多个逻辑的 LAN——VLAN，处于同一 VLAN 的主机能直接互通，而处于不同 VLAN 的主机则不能直接互通，从而增强了局域网的安全性。划分 VLAN 后，广播报文被限制在同一个 VLAN 内，即每个 VLAN 是一个广播域，有效地限制了广播域的范围。通过 VLAN 可以将不同的主机划分到不同的工作组，同一工作组的主机可以位于不同的物理位置，网络构建和维护更方便灵活。

1.1.1 VLAN报文封装

要使网络设备能够分辨不同 VLAN 的报文，需要在报文中添加标识 VLAN 的字段。IEEE 802.1Q 协议规定，在以太网报文的目的 MAC 地址和源 MAC 地址字段之后、协议类型字段之前加入 4 个字节的 VLAN Tag，用以标识 VLAN 的相关信息。

图1-1 VLAN Tag 的组成字段



如 图 1-1 所示，VLAN Tag包含四个字段，分别是TPID（Tag Protocol Identifier，标签协议标识符）、Priority、CFI（Canonical Format Indicator，标准格式指示位）和VLAN ID。

- TPID：协议规定 TPID 取值为 0x8100 时表示报文带有 VLAN Tag，但各设备厂商可以自定义该字段的值。当邻居设备将 TPID 值配置为非 0x8100 时，为了能够识别这样的报文，实现互通，必须在本设备上修改 TPID 值，确保和邻居设备的 TPID 值配置一致。如果报文的 TPID 值为配置值或0x8100，则该报文被认为带有VLAN Tag。配置TPID值的相关命令请参见“二层技术-以太网交换命令参考”中的“QinQ”。
- Priority：用来表示报文的 802.1p 优先级，长度为 3 比特，相关内容请参见“ACL 和 QoS 配置指导/QoS”中的“附录”。
- CFI：用来表示 MAC 地址在不同的传输介质中是否以标准格式进行封装，长度为 1 比特。取值为 0 表示 MAC 地址以标准格式进行封装，为 1 表示以非标准格式封装。在以太网中，CFI 取值为 0。
- VLAN ID：用来表示该报文所属 VLAN 的编号，长度为 12 比特。由于 0 和 4095 为协议保留取值，所以 VLAN ID 的取值范围为 1～4094。

网络设备根据报文是否携带 VLAN Tag 以及携带的 VLAN Tag 信息，来对报文进行处理，利用 VLAN ID 来识别报文所属的 VLAN。

说明

以太网支持 Ethernet II、802.3/802.2 LLC、802.3/802.2 SNAP 和 802.3 raw 封装格式，本文以 Ethernet II 型封装为例。802.3/802.2 LLC、802.3/802.2 SNAP 和 802.3 raw 封装格式添加 VLAN Tag 字段的方式请参见相关协议规范。

对于携带有多层 VLAN Tag 的报文，设备会根据其最外层 VLAN Tag 进行处理，而内层 VLAN Tag 会被视为报文的普通数据部分。

1.1.2 VLAN的划分

VLAN 根据划分方式不同可以分为不同类型，下面列出了几种最常见的 VLAN 类型：

- 基于端口的 VLAN
- 基于 MAC 地址的 VLAN
- 基于 IP 子网的 VLAN
- 基于协议的 VLAN

如果某个接口下同时使能以上四种 VLAN，则缺省情况下 VLAN 的匹配将按照 MAC VLAN、IP 子网 VLAN、协议 VLAN、端口 VLAN 的先后顺序进行。

1.1.3 基于端口的VLAN

基于端口划分 VLAN 是最简单、最有效的 VLAN 划分方法。它按照设备端口来定义 VLAN 成员，将指定端口加入到指定 VLAN 中之后，该端口就可以转发该 VLAN 的报文。

1. 端口的链路类型

端口的链路类型分为三种，端口的链路类型决定了端口能否加入多个 VLAN。不同链路类型的端口在转发报文时对 VLAN Tag 的处理方式不同：

- Access：端口只能发送一个 VLAN 的报文，发出去的报文不带 VLAN Tag。一般用于和不能识别 VLAN Tag 的用户终端设备相连，或者不需要区分不同 VLAN 成员时使用。
- Trunk：端口能发送多个 VLAN 的报文，发出去的端口缺省 VLAN 的报文不带 VLAN Tag，其他 VLAN 的报文都必须带 VLAN Tag。通常用于网络传输设备之间的互连。
- Hybrid：端口能发送多个 VLAN 的报文，端口发出去的报文可根据需要配置某些 VLAN 的报文带 VLAN Tag，某些 VLAN 的报文不带 VLAN Tag。在一些应用场景下，需要使用 Hybrid 端口的功能。比如在 1:2 VLAN 映射中，服务提供商网络的多个 VLAN 的报文在进入用户网络前，需要剥离外层 VLAN Tag，此时 Trunk 端口不能实现该功能，因为 Trunk 端口只能使该端口缺省 VLAN 的报文不带 VLAN Tag 通过。有关 1:2 VLAN 映射的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“VLAN 映射”。

2. 端口缺省VLAN

端口缺省 VLAN 简称为 PVID（Port VLAN ID）。当端口收到 Untagged 报文时，会认为该报文所属的 VLAN 为 PVID。

Access 端口的 PVID 就是它所在的 VLAN。

Trunk 端口和 Hybrid 端口可以允许多个 VLAN 通过，能够配置端口 PVID。

3. 端口对报文的处理方式

端口对报文的接收和发送的处理有几种不同情况，具体情况请参看 表 1-1。

表1-1 不同链路类型端口收发报文的差异

端口类型	对接收报文的处理		对发送报文的处理
	当接收到的报文不带 Tag 时	当接收到的报文带有 Tag 时	
Access端口	为报文添加端口PVID的Tag	• 当报文的 VLAN ID 与端口的 PVID 相同时，接收该报文 • 当报文的 VLAN ID 与端口的 PVID 不同时，丢弃该报文	去掉Tag，发送该报文
Trunk端口	• 当端口的 PVID 在端口允许通过的 VLAN ID 列表里时，接收该报文，给报文添加 PVID 的 Tag • 当端口的 PVID 不在端口允许通过的VLAN ID 列表里时，丢弃该报文	• 当报文的 VLAN ID 在端口允许通过的 VLAN ID 列表里时，接收该报文 • 当报文的 VLAN ID 不在端口允许通过的 VLAN ID 列表里时，丢弃该报文	• 当报文的 VLAN ID 与端口的 PVID 相同，且是该端口允许通过的 VLAN ID 时：去掉 Tag，发送该报文 • 当报文的 VLAN ID 与端口的 PVID 不同，且是该端口允许通过的 VLAN ID 时：保持原有 Tag，发送该报文
Hybrid端口			当报文的VLAN ID是端口允许通过的VLAN ID时，发送该报文，并可以配置端口在发送该VLAN的报文时是否携带Tag

1.1.4 基于MAC地址的VLAN

基于 MAC 的 VLAN 是根据报文的源 MAC 地址来划分 VLAN。设备维护的 MAC VLAN 表记录了 MAC 地址和 VLAN 的对应关系。这种划分方法的最大优点就是当用户物理位置发生变化，VLAN 不用重新配置。所以这种根据 MAC 地址的划分方法也称为基于用户的 VLAN。

1. 手动配置静态MAC VLAN

手动配置静态 MAC VLAN 常用于 VLAN 中用户相对较少的网络环境。在该方式下，用户需要手动配置 MAC VLAN 表项，开启基于 MAC 地址的 VLAN 功能，并将端口加入 MAC VLAN。其原理为：

- 当端口收到的报文为 Untagged 报文时，根据报文的源 MAC 地址匹配 MAC VLAN 表项。首先进行精确匹配，即查询表中掩码为全 F 的表项。如果报文中的源 MAC 地址与某 MAC VLAN 表项中的 MAC 地址完全相同，则精确匹配成功，给报文添加表项中对应的 VLAN Tag 并转发该报文；如果精确匹配失败，则进行模糊匹配，即查询 MAC VLAN 表中掩码不是全 F 的表项，将源 MAC 地址和掩码相与运算后与 MAC VLAN 表项中的 MAC 地址匹配，如果完全相同，则模糊匹配成功，给报文添加表项中对应的 VLAN Tag 并转发该报文；如果没有找到匹配的 MAC VLAN 表项，则继续按照其他原则（基于 IP 子网的 VLAN、基于协议的 VLAN、基于端口的 VLAN）确定报文所属的 VLAN，给报文添加对应的 VLAN Tag 并转发该报文。
- 当端口收到的报文为 Tagged 报文时，如果报文的 VLAN ID 在该端口允许通过的 VLAN ID 列表里，则转发该报文；否则丢弃该报文。

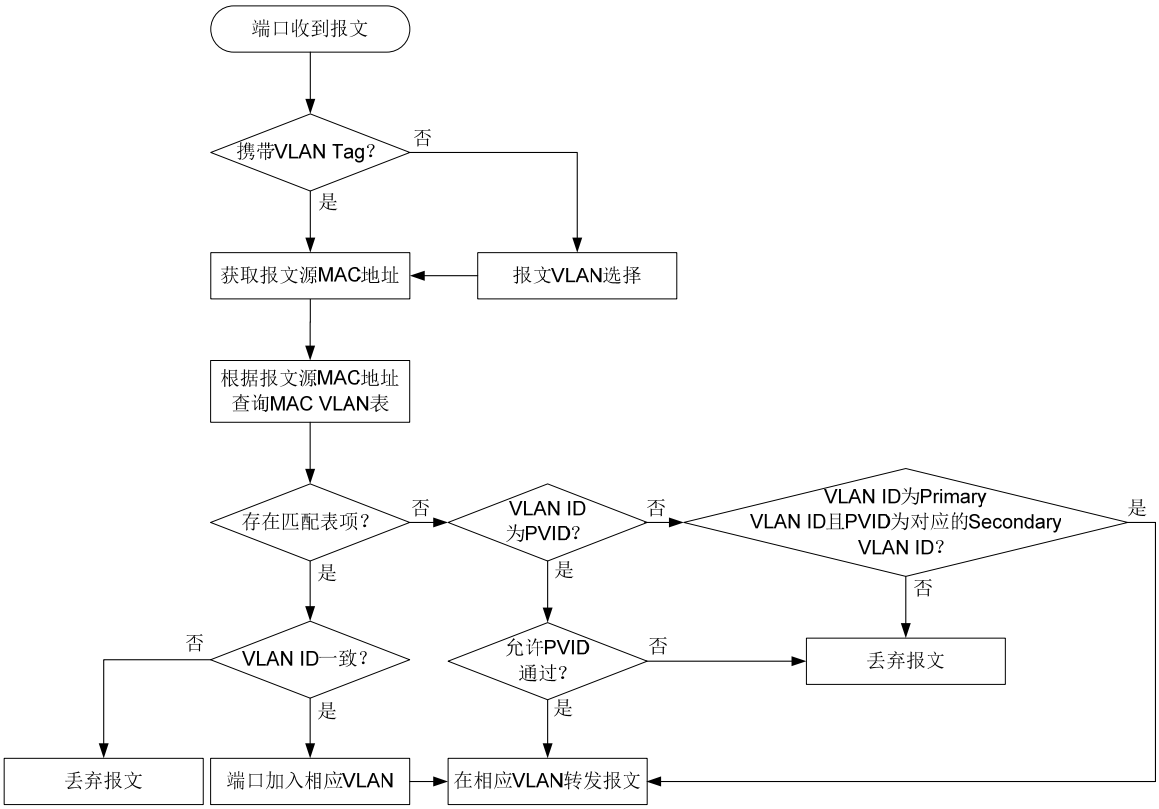
2. 动态触发端口加入静态MAC VLAN

手动配置静态 MAC VLAN 时，如果不能确定从哪些端口收到指定 VLAN 的报文，就不能把相应端口加入到 MAC VLAN。此时可以采用动态触发端口加入静态 MAC VLAN 的方式。在该方式下，配置 MAC VLAN 表项后，需要在端口上开启基于 MAC 的 VLAN 功能和 MAC VLAN 的动态触发功能，不需要手动把端口加入 MAC VLAN。

配置动态触发端口加入静态 MAC VLAN 后，端口在收到报文时，首先判断报文是否携带 VLAN Tag，若带 VLAN Tag，则直接获取报文源 MAC 地址；若不带 VLAN Tag，则先进行报文 VLAN 选择（按照基于 MAC 的 VLAN->基于 IP 子网的 VLAN->基于协议的 VLAN->基于端口的 VLAN 的优先次序为该 Untagged 报文添加对应的 VLAN Tag，并获取该 VLAN Tag），再获取报文源 MAC 地址，然后根据报文的源 MAC 地址和 VLAN 查询静态 MAC VLAN 表项：

- 如果报文源 MAC 地址与 MAC VLAN 表项中的 MAC 地址精确匹配，再检查报文的 VLAN ID 是否与对应表项中的 VLAN ID 一致，若一致，通过该报文动态触发端口加入相应 VLAN，同时转发该报文；否则丢弃该报文。
- 如果报文源MAC地址与MAC VLAN表项的MAC地址不精确匹配，当报文VLAN ID为PVID，判断端口是否允许报文在PVID内转发，若允许，则在PVID中转发该报文，否则丢弃该报文。当报文VLAN ID不为PVID，判断是否报文VLAN ID为Primary VLAN ID且PVID为对应的Secondary VLAN ID，若是，则转发该报文；否则丢弃该报文。处理流程如 图 1-2 所示：

图1-2 动态触发端口加入静态 MAC VLAN 的处理



3. 动态MAC VLAN

动态 MAC VLAN 是由接入认证过程来动态决定接入用户报文所属的 VLAN。该功能需要和接入认证功能（比如端口接入控制方式为 MAC-based 的 802.1X）配合使用，以实现终端的安全、灵活接入。在设备上配置动态 MAC VLAN 功能以后，还需要在接入认证服务器上配置用户名和 VLAN 的绑定关系。

如果用户发起认证请求，接入认证服务器先对用户名和密码进行验证，如果验证通过，服务器下发 VLAN 信息。此时设备根据请求报文的源 MAC 地址和下发的 VLAN 信息生成动态 MAC VLAN 表项（要求与已有的静态 MAC VLAN 表项不能冲突），并将 MAC VLAN 添加到端口允许通过的 VLAN 列表中。用户下线后，设备自动删除 MAC VLAN 表项，并将 MAC VLAN 从端口允许通过的 VLAN 列表中删除。

有关接入认证功能的详细介绍请参见“安全配置指导”中的“802.1X”和“MAC 地址认证”。

1.1.5 基于IP子网的VLAN

基于 IP 子网的 VLAN（简称子网 VLAN）是根据报文源 IP 地址及子网掩码来进行划分的。设备从端口收到 Untagged 报文后，会根据报文的源 IP 地址来确定报文所属的 VLAN，然后将报文自动划分到指定 VLAN 中传输。

此特性主要用于将指定网段或 IP 地址的报文划分到指定的 VLAN 中传送。

1.1.6 基于协议的VLAN

基于协议的 VLAN（简称协议 VLAN）是根据端口接收到的报文所属的协议（族）类型以及封装格式来给报文分配不同的 VLAN ID。可用来划分 VLAN 的协议有 IP、IPX、AT（AppleTalk，Apple 计算机网络协议）等，封装格式有 Ethernet II、802.3 raw、802.2 LLC、802.2 SNAP 等。

此特性主要应用于将网络中提供的服务类型与 VLAN 相关联，方便管理和维护。

1.1.7 不同VLAN间的三层互通

不同 VLAN 间的主机不能直接通信，通过在设备上创建并配置 VLAN 接口，可以实现 VLAN 间的三层互通。

VLAN 接口是一种三层的虚拟接口，它不作为物理实体存在于设备上。每个 VLAN 对应一个 VLAN 接口，在为 VLAN 接口配置了 IP 地址后，该 IP 地址即可作为本 VLAN 内网络设备的网关地址，此时该 VLAN 接口能对需要跨网段的报文进行三层转发。

1.1.8 协议规范

与 VLAN 相关的协议规范有：

- IEEE 802.1Q：IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Virtual Bridged Local Area Networks

1.2 配置VLAN

1.2.1 配置限制和指导

VLAN 1 为系统缺省 VLAN，用户不能手工创建和删除。

动态学习到的 VLAN，以及被其他应用锁定不让删除的 VLAN，都不能使用 **undo vlan** 命令直接删除。只有将相关配置删除之后，才能删除相应的 VLAN。

1.2.2 创建VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建 VLAN。请至少选择其中一项进行配置。

- 创建一个 VLAN，并进入 VLAN 视图。

  vlan *vlan-id*

- 批量创建 VLAN，然后进入 VLAN 视图。

  vlan { *vlan-id-list* | **all** }

  vlan *vlan-id*

缺省情况下，系统只有一个缺省 VLAN（VLAN 1）。

(3) （可选）指定 VLAN 的名称。

name *text*

缺省情况下，VLAN 的名称为“VLAN *vlan-id*”，其中 *vlan-id* 为该 VLAN 的四位数编号，如果该 VLAN 的编号不足四位，则会在编号前增加 0，补齐四位。例如，VLAN 100 的名称为“VLAN 0100”。

(4) （可选）配置 VLAN 的描述信息。

description *text*

缺省情况下，VLAN 的描述信息为“VLAN *vlan-id*”，其中 *vlan-id* 为该 VLAN 的四位数编号，如果该 VLAN 的编号不足四位，则会在编号前增加 0，补齐四位。例如，VLAN 100 的描述信息为“VLAN 0100”。

1.3 配置基于端口的VLAN

1.3.1 配置限制和指导

- 当执行 **undo vlan** 命令删除的 VLAN 是某个端口的 PVID 时，对 Access 端口，端口的 PVID 会恢复到 VLAN 1；对 Trunk 或 Hybrid 端口，端口的 PVID 配置不会改变，即它们可以使用已经不存在的 VLAN 作为端口 PVID。
- 建议本端设备端口的 PVID 和相连的对端设备端口的 PVID 保持一致。
- 建议保证端口的 PVID 为端口允许通过的 VLAN。如果端口不允许某 VLAN 通过，但是端口的 PVID 为该 VLAN，则端口会丢弃收到的该 VLAN 的报文或者不带 VLAN Tag 的报文。

1.3.2 配置基于Access端口的VLAN

1. 简介

配置基于 Access 端口的 VLAN 有两种方法：一种是在 VLAN 视图下进行配置，另一种是在接口视图下进行配置。

2. 在VLAN视图下配置基于Access端口的VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 VLAN 视图。

vlan *vlan-id*

(3) 向当前 VLAN 中添加一个或一组 Access 端口。

port *interface-list*

缺省情况下，系统将所有端口都加入到 VLAN 1。

3. 在接口视图下配置基于Access端口的VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Access 类型。

port link-type access

缺省情况下，端口的链路类型为 Access。

(4) 将 Access 端口加入到指定 VLAN。

port access vlan *vlan-id*

缺省情况下，所有 Access 端口都属于 VLAN 1。

在将 Access 端口加入到指定 VLAN 之前，该 VLAN 必须已经存在。

1.3.3 配置基于Trunk端口的VLAN

1. 简介

Trunk 端口可以加入多个 VLAN。基于 Trunk 端口的 VLAN 只能在接口视图下配置。

2. 配置限制和指导

Trunk 端口不能直接切换为 Hybrid 端口，只能先将 Trunk 端口配置为 Access 端口，再配置为 Hybrid 端口。

配置端口 PVID 后，必须使用 **port trunk permit vlan** 命令配置允许 PVID 的报文通过，接口才能转发 PVID 的报文。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Trunk 类型。

port link-type trunk

缺省情况下，端口的链路类型为 Access 类型。

(4) 允许指定的 VLAN 通过当前 Trunk 端口。

port trunk permit vlan { *vlan-id-list* | **all** }

缺省情况下，Trunk 端口只允许 VLAN 1 的报文通过。

(5) （可选）配置 Trunk 端口的 PVID。

port trunk pvid vlan *vlan-id*

缺省情况下，Trunk 端口的 PVID 为 VLAN 1。

1.3.4 配置基于Hybrid端口的VLAN

1. 简介

Hybrid 端口可以加入多个 VLAN。基于 Hybrid 端口的 VLAN 只能在接口视图下配置。将 Hybrid 端口加入 VLAN 时，指定 VLAN 必须已经存在。

2. 配置限制和指导

Hybrid 端口不能直接切换为 Trunk 端口，只能先将 Hybrid 端口配置为 Access 端口，再配置为 Trunk 端口。

配置端口 PVID 后，必须使用 **port hybrid vlan** 命令配置允许 PVID 的报文通过，出接口才能转发 PVID 的报文。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Hybrid 类型。

port link-type hybrid

缺省情况下，端口的链路类型为 Access 类型。

(4) 允许指定的 VLAN 通过当前 Hybrid 端口。

port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(5) （可选）配置 Hybrid 端口的 PVID。

port hybrid pvid vlan *vlan-id*

缺省情况下，Hybrid 端口的 PVID 为该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN。

1.4 配置基于MAC的VLAN

1.4.1 配置限制和指导

- 基于 MAC 的 VLAN 只对 Hybrid 端口配置有效。
- 基于 MAC 的 VLAN 功能主要在用户的接入设备的下行端口上进行配置，不能和聚合功能同时使用。

1.4.2 手动配置静态MAC VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 MAC VLAN 表项。

mac-vlan mac-address *mac-address* [**mask** *mac-mask*] **vlan** *vlan-id* [**dot1q** *priority*]

(3) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 配置端口的链路类型为 Hybrid 类型。

port link-type hybrid

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(5) 允许基于 MAC 的 VLAN 通过当前 Hybrid 端口。

port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(6) 开启 MAC VLAN 功能。

mac-vlan enable

缺省情况下，MAC VLAN 功能处于关闭状态。

(7) （可选）配置接口优先根据 MAC 地址来匹配 VLAN。

vlan precedence mac-vlan

缺省情况下，对于基于 MAC 的 VLAN 和基于 IP 子网的 VLAN，优先根据 MAC 地址来匹配 VLAN。

1.4.3 配置动态触发端口加入静态MAC VLAN

1. 功能简介

当端口接收报文的源 MAC 地址精确匹配了 MAC VLAN 表项时，动态触发端口加入 MAC VLAN。源 MAC 地址匹配的 VLAN 必须是静态 VLAN（本地手工创建的 VLAN）。

端口自动加入 MAC VLAN 表项中相应的 VLAN 时，若端口此前未配置允许该 VLAN 通过，则端口自动以 Untagged 方式加入该 VLAN；若端口此前已配置允许该 VLAN 通过，则不改变原有配置。

当端口对 MAC VLAN 的中的报文进行转发时，根据 MAC VLAN 的优先级（MAC 地址对应 VLAN 的 802.1p 优先级）高低来决定报文传输的优先程度。

2. 配置限制和指导

- 如果用户在同一端口上同时配置了 1.4.2 手动配置静态MAC VLAN和 1.4.3 配置动态触发端口加入静态MAC VLAN，此时该端口选择使用后者的功能。
- 不建议 MAC VLAN 的动态触发功能和 802.1X/MAC 地址认证功能同时使用，否则会影响 802.1X/MAC 地址认证功能的正常工作。
- 不建议 MAC VLAN 的动态触发功能与 MAC 地址禁止学习功能或 MAC 地址数学习上限功能同时使用，否则部分流量可能被丢弃：
  - 同时配置 MAC VLAN 的动态触发功能与 MAC 地址禁止学习功能时，仅精确匹配了 MAC VLAN 的报文能够正常转发，未精确匹配的报文将被丢弃。
  - 同时配置 MAC VLAN 的动态触发功能与 MAC 地址数学习上限功能时，当接口学习到的 MAC 地址到达所配置的上限后，仅匹配 MAC 地址表中已学习到的表项的报文能够正常转发，其余报文将被丢弃。
- 配置 MSTP 情况下，如果端口在要加入的 VLAN 对应的 MSTP 实例中是阻塞状态，则端口会丢弃收到的报文，造成 MAC 地址不能上送，不能完成动态触发端口加入静态 MAC VLAN，因此不建议本功能和多实例 MSTP 同时使用。
- 配置 PVST 情况下，如果端口要加入的 VLAN 不为端口允许通过的 VLAN，则端口处于阻塞状态，会丢弃收到的报文，造成 MAC 地址不能上送，不能完成动态触发端口加入静态 MAC VLAN，因此不建议本功能和 PVST 同时使用。
- 当端口配置了自动模式下的 Voice VLAN，又配置本功能时，两个功能可能会相互影响，导致其中某个功能不可用。当端口同时配置了本功能和自动模式下的 Voice VLAN，再取消其中任何一个功能的配置，会导致另一个功能不可用。因此不建议同一端口同时配置本功能和自动模式下的 Voice VLAN。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 MAC VLAN 表项。

mac-vlan mac-address *mac-address* **vlan** *vlan-id* [**dot1q** *priority*]

(3) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 配置端口的链路类型为 Hybrid 类型。

port link-type hybrid

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(5) 开启 MAC VLAN 功能。

mac-vlan enable

缺省情况下，MAC VLAN 功能处于关闭状态。

(6) 开启 MAC VLAN 的动态触发功能。

mac-vlan trigger enable

缺省情况下，MAC VLAN 的动态触发功能处于关闭状态。

(7) （可选）配置接口优先根据 MAC 地址来匹配 VLAN。

vlan precedence mac-vlan

缺省情况下，对于基于 MAC 的 VLAN 和基于 IP 子网的 VLAN，优先根据 MAC 地址来匹配 VLAN。

(8) （可选）配置当报文源 MAC 地址与 MAC VLAN 表项的 MAC 地址未精确匹配时，禁止该报文在 PVID 内转发。

port pvid forbidden

缺省情况下，当报文源 MAC 地址与 MAC VLAN 表项的 MAC 地址未精确匹配时，允许该报文在 PVID 内转发。

1.4.4 配置动态MAC VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Hybrid 类型。

port link-type hybrid

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(4) 允许基于 MAC 的 VLAN 通过当前 Hybrid 端口。

port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(5) 开启 MAC VLAN 功能。

mac-vlan enable

缺省情况下，MAC VLAN 功能处于关闭状态。

(6) 配置接入认证功能。请至少选择其中一项进行配置。

- 配置 802.1X。

  请参见“安全命令参考”中的“802.1X”。

- 配置 MAC 地址认证。

  请参见“安全命令参考”中的“MAC 地址认证”。

1.5 配置基于IP子网的VLAN

1. 配置限制和指导

基于 IP 子网的 VLAN 只对 Hybrid 端口配置有效，只对 Untagged 报文应用。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 VLAN 视图。

vlan *vlan-id*

(3) 配置 VLAN 与指定的 IP 子网或 IP 地址关联。

ip-subnet-vlan [*ip-subnet-index*] **ip** *ip-address* [*mask*]

缺省情况下，VLAN 未关联 IP 子网或 IP 地址。

VLAN 关联的 IP 网段或 IP 地址不允许是组播网段或组播地址。

(4) 退回系统视图。

quit

(5) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(6) 配置端口的链路类型为 Hybrid 类型。

port link-type hybrid

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(7) 允许子网 VLAN 通过当前端口。

port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(8) 配置端口与子网 VLAN 关联。

port hybrid ip-subnet-vlan vlan *vlan-id*

缺省情况下，端口未关联子网 VLAN。

1.6 配置基于协议的VLAN

1. 功能简介

协议 VLAN 由协议模板定义。协议模板是用来匹配报文所属协议类型的标准，由“协议类型＋封装格式”组成。对于一个协议 VLAN 来说，其绑定的多个协议模板用协议索引（*protocol-index*）来区分；对于不同的协议 VLAN 来说，其绑定的协议模板用协议 *vlan-id* 和 *protocol-index* 来唯一标识。最后通过命令行将协议 VLAN 中的协议模板与端口绑定。

当端口收到 Untagged 报文时，如果该报文携带的协议类型和封装格式与某协议模板相匹配，则为其添加该协议模板绑定的协议 *vlan-id* 的 VLAN Tag，否则为其添加 PVID 的 VLAN Tag。

2. 与硬件适配关系

S5000E-X、S5110V2-SI 与 S5000V3-EI 系列交换机不支持配置基于协议的 VLAN。

3. 配置限制和指导

配置协议 VLAN 时，需要注意的是，协议 VLAN 特性要求 Hybrid 入端口的报文格式为 Untagged 的，而自动模式下的 Voice VLAN 只支持 Hybrid 端口对 Tagged 的语音流进行处理，因此，不能将某个 VLAN 同时配置为协议 VLAN 和 Voice VLAN。

4. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 VLAN 视图。

vlan *vlan-id*

(3) 配置 VLAN 与指定的协议模板关联。

protocol-vlan [*protocol-index*] { **at** | **ipv4** | **ipv6** | **ipx** { **ethernetii** | **llc** | **raw** | **snap** } | **mode** { **ethernetii etype** *etype-id* | **llc** { **dsap** *dsap-id* [**ssap** *ssap-id*] | **ssap** *ssap-id* } | **snap etype** *etype-id* } }

缺省情况下，当前 VLAN 未关联协议模板。

(4) 退出 VLAN 视图。

quit

(5) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(6) 配置端口的链路类型为 Hybrid 类型。

port link-type hybrid

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(7) 允许协议 VLAN 通过当前端口。

port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(8) 配置端口与协议 VLAN 关联。

port hybrid protocol-vlan vlan *vlan-id* { *protocol-index* [**to** *protocol-end*] | **all** }

缺省情况下，端口未关联协议 VLAN。

1.7 配置VLAN组

1. 功能简介

VLAN组是一组VLAN的集合。VLAN组内可以添加多个VLAN列表，一个VLAN列表表示一组VLAN ID连续的VLAN。

认证服务器可以通过下发VLAN组名的方式为通过802.1X认证的用户或通过MAC地址认证的用户下发一组授权 VLAN。有关 802.1X 和 MAC 地址认证的详细介绍，请参见“安全配置指导”中的“802.1X”和“MAC 地址认证”。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建一个 VLAN 组，并进入 VLAN 组视图。

vlan-group *group-name*

(3) 在 VLAN 组内添加 VLAN 成员。

vlan-list *vlan-id-list*

缺省情况下，当前 VLAN 组中不存在 VLAN 列表。

可以多次在当前 VLAN 组内添加 VLAN 成员。

1.8 配置VLAN接口

1.8.1 配置限制和指导

配置 VLAN 接口基本属性时，需要注意的是不能对 Primary VLAN interface 下配置了三层互通的 Secondary VLAN 创建对应的 VLAN 接口。有关 Secondary VLAN 的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“Private VLAN”。

1.8.2 VLAN接口配置任务简介

VLAN 接口配置任务如下：

(1) 创建VLAN接口

(2) （可选）恢复VLAN接口的缺省配置

1.8.3 配置准备

在创建 VLAN 接口之前，对应的 VLAN 必须已经存在，否则将不能创建指定的 VLAN 接口。

1.8.4 创建VLAN接口

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建 VLAN 接口，并进入 VLAN 接口视图。

interface vlan-interface *interface-number*

(3) 配置 VLAN 接口的 IP 地址。

ip address *ip-address* { *mask* | *mask-length* } [**sub**]

缺省情况下，未配置 VLAN 接口的 IP 地址。

(4) （可选）配置 VLAN 接口的描述信息。

description *text*

缺省情况下，VLAN 接口的描述信息为该 VLAN 接口的接口名，如“Vlan-interface1 Interface”。

(5) （可选）配置 VLAN 接口的 MTU 值。

mtu *size*

缺省情况下，VLAN 接口的 MTU 值为 1500 字节。

(6) （可选）配置 VLAN 接口的期望带宽。

bandwidth *bandwidth-value*

缺省情况下，接口的期望带宽＝接口的波特率÷1000（kbps）。

(7) 取消手工关闭 VLAN 接口。

undo shutdown

缺省情况下，未手工关闭 VLAN 接口，此时 VLAN 接口状态受 VLAN 中端口状态的影响。

1.8.5 恢复VLAN接口的缺省配置

1. 配置限制和指导

注意

接口下的某些配置恢复到缺省情况后，会对设备上当前运行的业务产生影响。建议您在执行该命令前，完全了解其对网络产生的影响。

您可以在执行 **default** 命令后通过 **display this** 命令确认执行效果。对于未能成功恢复缺省的配置，建议您查阅相关功能的命令手册，手工执行恢复该配置缺省情况的命令。如果操作仍然不能成功，您可以通过设备的提示信息定位原因。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

(2) **system-view**

(3) 进入 VLAN 接口视图。

interface vlan-interface *interface-number*

(4) 恢复 VLAN 接口的缺省配置。

default

1.9 VLAN显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 VLAN 的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除 VLAN 接口统计信息。

表1-2 VLAN 显示和维护

操作	命令
显示VLAN接口相关信息	**display interface vlan-interface** [*interface-number*] [**brief** [**description** | **down**]]
显示端口关联的子网VLAN的信息	**display ip-subnet-vlan interface** { *interface-type interface-number1* [**to** *interface-type interface-number2*] | **all** }
显示指定的或所有子网VLAN的信息	**display ip-subnet-vlan vlan** { *vlan-id1* [**to** *vlan-id2*] | **all** }
显示设备上存在的Hybrid或Trunk端口	**display port** { **hybrid** | **trunk** }
显示端口关联的协议VLAN的信息	**display protocol-vlan interface** { interface-type interface-number1 [**to** interface-type interface-number2] | **all** }
显示指定的或所有协议VLAN的信息	**display protocol-vlan vlan** { *vlan-id1* [**to** *vlan-id2*] | **all** }
显示VLAN相关信息	**display vlan** [*vlan-id1* [**to** *vlan-id2*] | **all** | **dynamic** | **reserved** | **static**]
显示设备上所有已创建VLAN的概要信息	**display vlan brief**
显示创建的VLAN组及其VLAN成员列表	**display vlan-group** [*group-name*]
清除VLAN接口的统计信息	**reset counters interface vlan-interface** [*interface-number*]

1.10 VLAN典型配置举例

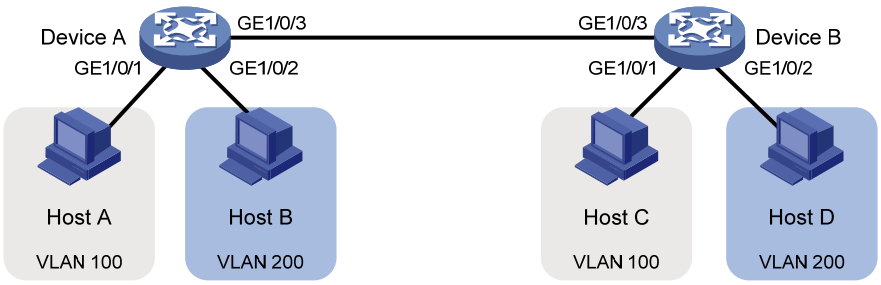
1.10.1 基于端口的VLAN配置举例

1. 组网需求

- Host A 和 Host C 属于部门 A，但是通过不同的设备接入公司网络；Host B 和 Host D 属于部门 B，也通过不同的设备接入公司网络。
- 为了通信的安全性，也为了避免广播报文泛滥，公司网络中使用 VLAN 技术来隔离部门间的二层流量。其中部门 A 使用 VLAN 100，部门 B 使用 VLAN 200。

2. 组网图

图1-3 基于端口的 VLAN 组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device A

创建 VLAN 100，并将 GigabitEthernet1/0/1 加入 VLAN 100。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 100
[DeviceA-vlan100] port gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-vlan100] quit
```

创建 VLAN 200，并将 GigabitEthernet1/0/2 加入 VLAN 200。

```
[DeviceA] vlan 200
[DeviceA-vlan200] port gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-vlan200] quit
```

为了使 Device A 上 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文能发送给 Device B，将 GigabitEthernet1/0/3 的链路类型配置为 Trunk，并允许 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port trunk permit vlan 100 200
```

(2) Device B 上的配置与 Device A 上的配置相同，不再赘述。

(3) 将 Host A 和 Host C 配置在一个网段，比如 192.168.100.0/24；将 Host B 和 Host D 配置在一个网段，比如 192.168.200.0/24。

4. 验证配置

(1) Host A 和 Host C 能够互相 ping 通，但是均不能 ping 通 Host B 和 Host D。Host B 和 Host D 能够互相 ping 通，但是均不能 ping 通 Host A 和 Host C。

(2) 通过查看显示信息验证配置是否成功。

查看 Device A 上 VLAN 100 和 VLAN 200 的配置信息，验证以上配置是否生效。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] display vlan 100
 VLAN ID: 100
 VLAN type: Static
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0100
 Name: VLAN 0100
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/3
```

```
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] display vlan 200
 VLAN ID: 200
 VLAN type: Static
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0200
 Name: VLAN 0200
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/3
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/2
```

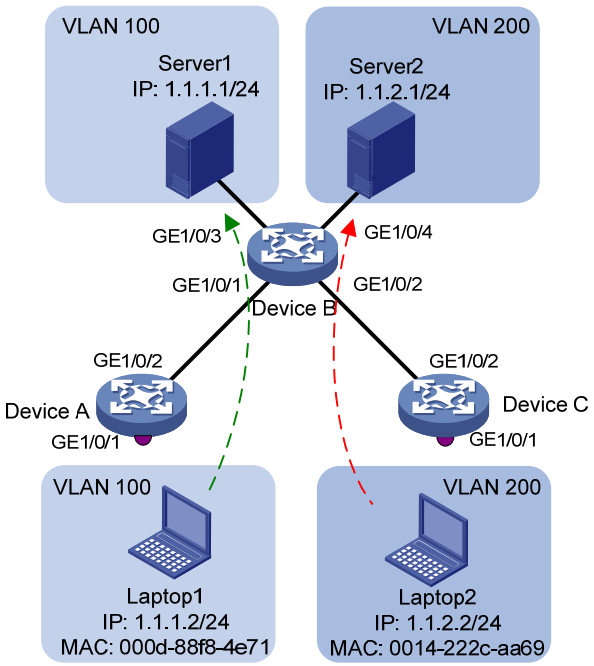
1.10.2 基于MAC的VLAN配置举例

1. 组网需求

- 如下图所示，Device A 和 Device C 的 GigabitEthernet1/0/1 端口分别连接到两个会议室，Laptop1 和 Laptop2 是会议用笔记本电脑，会在两个会议室间移动使用。
- Laptop1 和 Laptop2 分别属于两个部门，两个部门间使用 VLAN 100 和 VLAN 200 进行隔离。现要求这两台笔记本电脑无论在哪个会议室使用，均只能访问自己部门的服务器，即 Server1 和 Server2。

2. 组网图

图1-4 基于 MAC 的 VLAN 组网图



3. 配置步骤

(1) Device A 的配置

创建 VLAN 100 和 VLAN 200。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 100
[DeviceA-vlan100] quit
[DeviceA] vlan 200
[DeviceA-vlan200] quit
```

将 Laptop1 的 MAC 地址与 VLAN 100 关联，Laptop2 的 MAC 地址与 VLAN 200 关联。

```
[DeviceA] mac-vlan mac-address 000d-88f8-4e71 vlan 100
[DeviceA] mac-vlan mac-address 0014-222c-aa69 vlan 200
```

配置终端的接入端口：Laptop1 和 Laptop2 均可能从 GigabitEthernet1/0/1 接入，将 GigabitEthernet1/0/1 的端口类型配置为 Hybrid，并使其在发送 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文时去掉 VLAN Tag；开启 GigabitEthernet1/0/1 端口的 MAC VLAN 功能。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 100 200 untagged
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] mac-vlan enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

为了终端能够访问 Server1 和 Server2，需要将上行端口 GigabitEthernet1/0/2 的端口类型配置为 Trunk，并允许 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 200
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) Device B 的配置

创建 VLAN 100 和 VLAN 200，并将 GigabitEthernet1/0/3 加入 VLAN 100，GigabitEthernet1/0/4 加入 VLAN 200。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] vlan 100
[DeviceB-vlan100] port gigabitethernet 1/0/3
[DeviceB-vlan100] quit
[DeviceB] vlan 200
[DeviceB-vlan200] port gigabitethernet 1/0/4
[DeviceB-vlan200] quit
```

配置 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 端口为 Trunk 端口，均允许 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文通过。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100 200
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 200
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(3) Device C 的配置

Device C 的配置与 Device A 完全一致，这里不再赘述。

4. 验证配置

(1) Laptop1 只能访问 Server1，不能访问 Server2；Laptop2 只能访问 Server2，不能访问 Server1。

(2) 在 Device A 和 Device C 上可以查看到 Laptop1 和 VLAN 100、Laptop2 和 VLAN 200 的静态 MAC VLAN 地址表项已经生成。以 Device A 为例：

```
[DeviceA] display mac-vlan all
  The following MAC VLAN addresses exist:
  S:Static  D:Dynamic
  MAC address      Mask             VLAN ID  Priority    State
  000d-88f8-4e71   ffff-ffff-ffff   100       0          S
  0014-222c-aa69   ffff-ffff-ffff   200       0          S

  Total MAC VLAN address count: 2
```

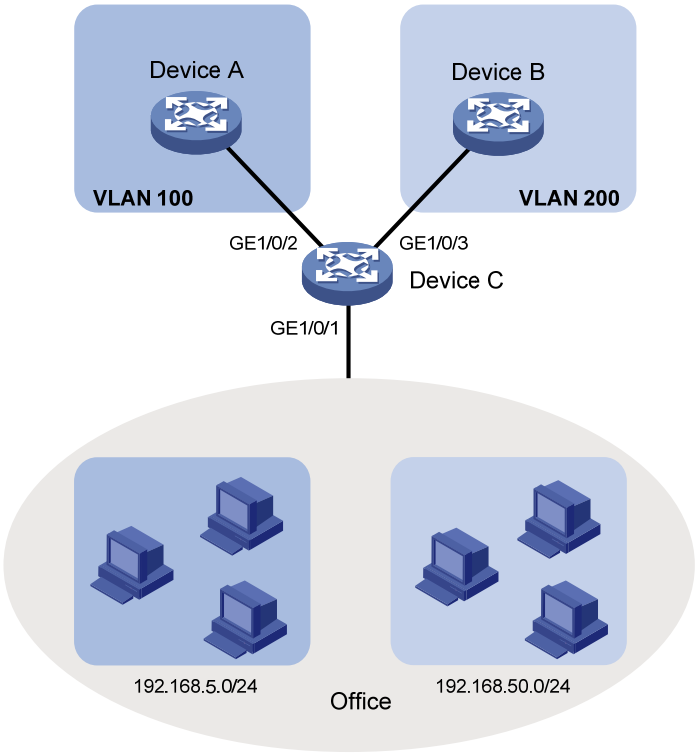
1.10.3 基于IP子网的VLAN配置举例

1. 组网需求

如下图所示，办公区的主机属于不同的网段 192.168.5.0/24 和 192.168.50.0/24，Device C 在收到来自办公区主机的报文时，根据报文的源 IP 地址，使来自不同网段主机的报文分别在指定的 VLAN 中传输，其中，来自网段 192.168.5.0/24 的报文在 VLAN 100 中传输，来自网段 192.168.50.0/24 的报文在 VLAN 200 中传输。

2. 组网图

图1-5 基于 IP 子网的 VLAN 组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device C

配置子网 192.168.5.0/24 与 VLAN 100 关联。

```
<DeviceC> system-view
[DeviceC] vlan 100
[DeviceC-vlan100] ip-subnet-vlan ip 192.168.5.0 255.255.255.0
[DeviceC-vlan100] quit
```

配置子网 192.168.50.0/24 与 VLAN 200 关联。

```
[DeviceC] vlan 200
[DeviceC-vlan200] ip-subnet-vlan ip 192.168.50.0 255.255.255.0
[DeviceC-vlan200] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Hybrid 端口，允许 VLAN 100 通过，并且在发送 VLAN 100 的报文时携带 VLAN Tag。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] port link-type hybrid
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] port hybrid vlan 100 tagged
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/3 为 Hybrid 端口，允许 VLAN 200 通过，并且在发送 VLAN 200 的报文时携带 VLAN Tag。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/3] port link-type hybrid
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/3] port hybrid vlan 200 tagged
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Hybrid 端口，允许 VLAN 100、200 通过，并且在发送 VLAN 100、200 的报文时不携带 VLAN Tag。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 100 200 untagged
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 和基于 IP 子网的 VLAN 100、200 关联。

```
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid ip-subnet-vlan vlan 100
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid ip-subnet-vlan vlan 200
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

(2) 配置 Device A 和 Device B

配置 Device A 和 Device B 允许对应 VLAN 通过，配置过程略。

4. 验证配置

查看所有子网 VLAN 的信息。

```
[DeviceC] display ip-subnet-vlan vlan all
 VLAN ID: 100
  Subnet index      IP address      Subnet mask
  0                 192.168.5.0     255.255.255.0

 VLAN ID: 200
  Subnet index      IP address      Subnet mask
  0                 192.168.50.0    255.255.255.0
```

查看端口 GigabitEthernet1/0/1 关联的子网 VLAN 的信息。

```
[DeviceC] display ip-subnet-vlan interface gigabitethernet 1/0/1
 Interface: GigabitEthernet1/0/1
  VLAN ID   Subnet index    IP address       Subnet mask       Status
  100       0               192.168.5.0      255.255.255.0     Active
  200       0               192.168.50.0     255.255.255.0     Active
```

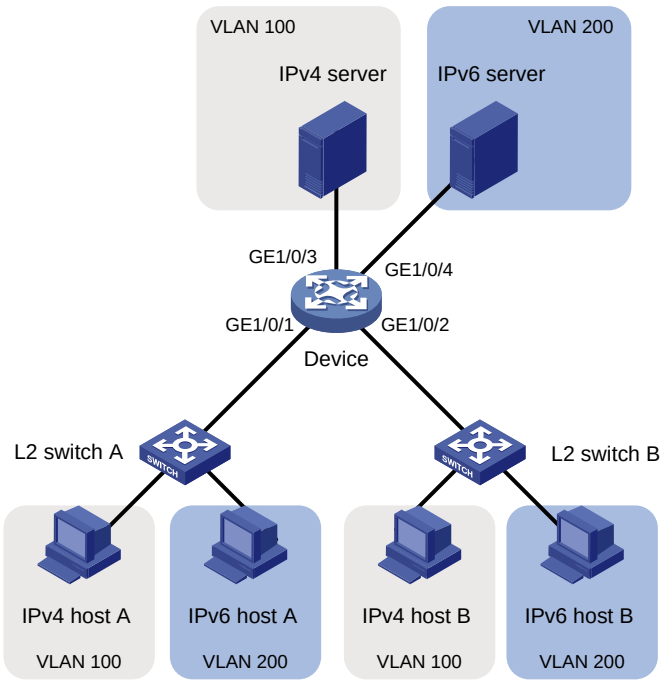
1.10.4 基于协议的VLAN配置举例

1. 组网需求

如下图所示，实验室网络中大部分主机运行 IPv4 网络协议，另外为了教学需要还部署了 IPv6 实验局，因此，有些主机运行 IPv6 网络协议。为了避免互相干扰，将 VLAN 100 与 IPv4 协议、ARP 协议关联，VLAN 200 与 IPv6 协议关联，通过协议 VLAN 将 IPv4 流量和 IPv6 流量二层互相隔离。

2. 组网图

图1-6 基于协议的 VLAN 组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device

创建 VLAN 100，将端口 GigabitEthernet1/0/3 加入 VLAN 100。

```
<Device> system-view
[Device] vlan 100
[Device-vlan100] description protocol VLAN for IPv4
[Device-vlan100] port gigabitethernet 1/0/3
[Device-vlan100] quit
```

创建 VLAN 200，将端口 GigabitEthernet1/0/4 加入 VLAN 200。

```
[Device] vlan 200
[Device-vlan200] description protocol VLAN for IPv6
[Device-vlan200] port gigabitethernet 1/0/4
```

将 IPv6 协议报文划分到 VLAN 200 中传输。

```
[Device-vlan200] protocol-vlan 1 ipv6
[Device-vlan200] quit
```

将 IPv4 协议报文和采用 Ethernet II 封装格式的 ARP 协议报文（ARP 报文对应的封装格式为 Ethernet II）划分到 VLAN 100 中传输。

```
[Device] vlan 100
[Device-vlan100] protocol-vlan 1 ipv4
[Device-vlan100] protocol-vlan 2 mode ethernetii etype 0806
[Device-vlan100] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Hybrid 端口，允许 VLAN 100、200 通过，并且在发送 VLAN 100、200 的报文时不携带 VLAN Tag。

```
[Device] interface gigabitethernet 1/0/1
[Device-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
[Device-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 100 200 untagged
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 与 VLAN 100 的协议模板 1（即 IPv4 协议模板）、协议模板 2（即 ARP 协议模板）和 VLAN 200 的协议模板 1（即 IPv6 协议模板）进行绑定。

```
[Device-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid protocol-vlan vlan 100 1 to 2
[Device-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid protocol-vlan vlan 200 1
[Device-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Hybrid 端口，允许 VLAN 100、200 通过，并且在发送 VLAN 100、200 的报文时不携带 VLAN Tag。

```
[Device] interface gigabitethernet 1/0/2
[Device-GigabitEthernet1/0/2] port link-type hybrid
[Device-GigabitEthernet1/0/2] port hybrid vlan 100 200 untagged
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 与 VLAN 100 的协议模板 1（即 IPv4 协议模板）、协议模板 2（即 ARP 协议模板）和 VLAN 200 的协议模板 1（即 IPv6 协议模板）进行绑定。

```
[Device-GigabitEthernet1/0/2] port hybrid protocol-vlan vlan 100 1 to 2
[Device-GigabitEthernet1/0/2] port hybrid protocol-vlan vlan 200 1
[Device-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) L2 switch A 和 L2 switch B 采用缺省配置

(3) 配置 Host 和 Server

将 IPv4 Host A、IPv4 Host B 和 IPv4 Server 配置在一个网段，比如 192.168.100.0/24；将 IPv6 Host A、IPv6 Host B 和 IPv6 Server 配置在一个网段，比如 2001::1/64。

4. 验证配置

(1) 通过 **ping** 命令查看

VLAN 100 内的主机和服务器能够互相 Ping 通；VLAN 200 内的主机和服务器能够互相 Ping 通。但 VLAN 100 内的主机/服务器与 VLAN 200 内的主机/服务器之间会 Ping 失败。

(2) 通过显示信息查看

查看所有协议 VLAN 的信息。

```
[Device] display protocol-vlan vlan all
```

```
 VLAN ID: 100
  Protocol index  Protocol type
  1               IPv4
  2               Ethernet II Etype 0x0806

 VLAN ID: 200
  Protocol index  Protocol type
  1               IPv6
```

查看所有端口关联的协议 VLAN 的信息。

```
[Device] display protocol-vlan interface all
 Interface: GigabitEthernet1/0/1
  VLAN ID  Protocol index  Protocol type             Status
  100      1               IPv4                     Active
  100      2               Ethernet II Etype 0x0806  Active
  200      1               IPv6                     Active

 Interface: GigabitEthernet1/0/2
  VLAN ID  Protocol index  Protocol type             Status
  100      1               IPv4                     Active
  100      2               Ethernet II Etype 0x0806  Active
  200      1               IPv6                     Active
```

2 Private VLAN

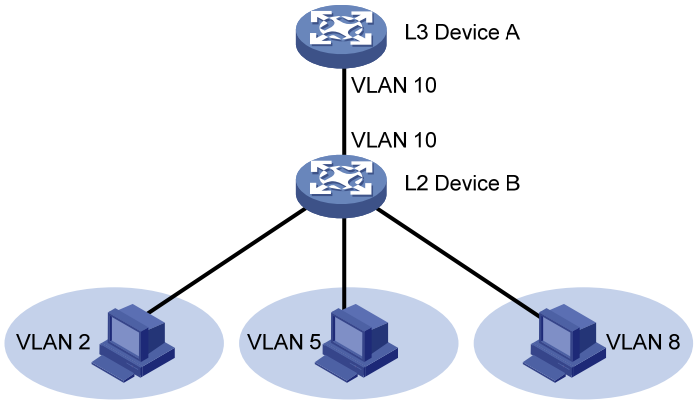
2.1 Private VLAN简介

在采用以太网接入的场景中，基于用户安全和管理计费等方面的考虑，一般会要求接入用户互相隔离。VLAN 是天然的隔离手段，于是很自然的想法是每个用户一个 VLAN。但是，根据 IEEE 802.1Q 规定，最多可以提供 4094 个 VLAN。如果每个用户一个 VLAN，4094 个 VLAN 远远不能满足需求。

Private VLAN 采用二层 VLAN 结构，它在同一台设备上配置 Primary VLAN 和 Secondary VLAN 两类 VLAN，既能够保证接入用户之间相互隔离，又能将接入的 VLAN ID 屏蔽掉，从而节省了 VLAN 资源。

- Primary VLAN：用于连接上行设备，一个 Primary VLAN 可以和多个 Secondary VLAN 相对应。上行连接的设备只需知道 Primary VLAN，而不必关心 Secondary VLAN，Primary VLAN 下面的 Secondary VLAN 对上行设备不可见。
- Secondary VLAN：用于连接用户，Secondary VLAN之间二层报文互相隔离。如果希望实现同一Primary VLAN下Secondary VLAN用户之间报文的互通，可以通过配置上行设备（如 图 2-1 中的L3 Device A）的本地代理ARP/ND功能来实现三层报文的互通。

图2-1 Private VLAN 示意图



如 图 2-1 所示，L2 Device B上启动了Private VLAN功能。其中VLAN 10 是Primary VLAN，VLAN 2、VLAN 5、VLAN 8 是Secondary VLAN，VLAN 2、VLAN 5、VLAN 8 都映射到VLAN 10，VLAN 2、VLAN 5、VLAN 8 对L3 Device A不可见。

如果配置 Private VLAN 功能的设备为三层设备，Secondary VLAN 间及 Secondary VLAN 与外部需要进行三层互通，则可以通过在本地设备上创建 Secondary 对应的 VLAN 接口（即 Secondary VLAN interface），并在该 Secondary VLAN interface 上配置 IP 地址来实现；或者通过在本地设备上配置 Primary VLAN 下指定 Secondary VLAN 间三层互通，同时创建 Primary VLAN interface（但不能创建 Secondary VLAN interface），并在 Primary VLAN interface 上配置 IP 地址和本地代理 ARP/ND 功能来实现。

2.2 Private VLAN与硬件适配关系

S5000E-X、S5110V2-SI 与 S5000V3-EI 系列交换机不支持配置 Private VLAN 功能。

2.3 Private VLAN配置限制和指导

在完成 Private VLAN 的配置后，建议用户作如下确认：

- 对于工作模式为 promiscuous 的端口，确保该端口的 PVID 为 Primary VLAN，该端口以 Untagged 方式加入 Primary VLAN 和 Secondary VLAN；
- 对于工作模式为 trunk promiscuous/trunk secondary 的端口，确保该端口以 Tagged 方式加入 Primary VLAN 和 Secondary VLAN；
- 对于工作模式为 host 的端口，确保该端口的 PVID 为 Secondary VLAN，该端口以 Untagged 方式加入 Primary VLAN 和 Secondary VLAN。

系统缺省 VLAN（VLAN 1）不支持 Private VLAN 相关配置。

2.4 Private VLAN配置任务简介

Private VLAN 配置任务如下：

(1) 创建Primary VLAN

(2) 创建Secondary VLAN

(3) 配置Primary VLAN和Secondary VLAN间的映射关系

(4) 配置上行端口

(5) 配置下行端口

(6) （可选）配置Primary VLAN下指定Secondary VLAN间三层互通

2.5 创建Primary VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建 VLAN，并进入 VLAN 视图。

vlan *vlan-id*

(3) 配置 VLAN 的类型为 Primary VLAN。

private-vlan primary

缺省情况下，VLAN 的类型不是 Primary VLAN。

2.6 创建Secondary VLAN

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 创建一个或多个 Secondary VLAN。

vlan { *vlan-id-list* | **all** }

2.7 配置Primary VLAN和Secondary VLAN间的映射关系

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 Primary VLAN 视图。

vlan *vlan-id*

(3) 建立 Primary VLAN 和 Secondary VLAN 的映射关系。

private-vlan secondary *vlan-id-list*

缺省情况下，未建立 Primary VLAN 和 Secondary VLAN 的映射关系。

2.8 配置上行端口

1. 功能简介

当上行端口（如 图 2-1 中L2 Device B上与L3 Device A相连的端口）只对应一个Primary VLAN时，配置该端口工作在promiscuous模式，可以实现上行端口加入Primary VLAN及同步加入对应的Secondary VLAN的功能；当上行端口对应多个Primary VLAN时，配置该端口工作在trunk promiscuous模式，可以实现上行端口加入多个Primary VLAN及同步加入各自对应的Secondary VLAN的功能。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入上行端口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置上行端口工作模式。请选择其中一项进行配置。

- 配置上行端口在指定 VLAN 中工作在 promiscuous 模式。

  port private-vlan *vlan-id* **promiscuous**

- 配置上行端口在指定 VLAN 中工作在 trunk promiscuous 模式。

  port private-vlan *vlan-id-list* **trunk promiscuous**

缺省情况下，端口在指定 VLAN 中不工作在 promiscuous/trunk promiscuous 模式。

2.9 配置下行端口

1. 功能简介

当下行端口（如 图 2-1 中L2 Device B上与用户相连的端口）只对应一个Secondary VLAN时，配置该端口工作在host模式，可以实现下行端口同步加入Secondary VLAN对应的Primary VLAN的功能；当下行端口对应多个Secondary VLAN时，配置该端口工作在trunk secondary模式，可以实现下行端口加入多个Secondary VLAN及同步加入各自对应的Primary VLAN的功能。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入下行端口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的链路类型。

port link-type { **access** | **hybrid** | **trunk** }

(4) 配置下行端口加入 Secondary VLAN。请选择其中一项进行配置。

- 将 Access 端口加入 Secondary VLAN。

  port access vlan *vlan-id*

- 将 Trunk 端口加入 Secondary VLAN。

  port trunk permit vlan { *vlan-id-list* | **all** }

- 将 Hybrid 端口加入 Secondary VLAN。

  port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

(5) 配置下行端口的工作模式。请选择其中一项进行配置。

- 配置下行端口在指定 VLAN 中工作在 trunk secondary 模式。

  port private-vlan *vlan-id-list* **trunk secondary**

- 配置下行端口工作在 host 模式。

  port private-vlan host

缺省情况下，端口不工作在 trunk secondary/host 模式。

(6) （可选）配置同一 Secondary VLAN 内各端口二层互通。

a. 退回系统视图。

   quit

b. 进入 Secondary VLAN 视图。

   vlan *vlan-id*

c. 请选择其中一项进行配置。

   undo private-vlan isolated

   private-vlan community

缺省情况下，同一 Secondary VLAN 内的端口能够二层互通。

2.10 配置Primary VLAN下指定Secondary VLAN间三层互通

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入 Primary VLAN interface 视图。

interface vlan-interface *interface-number*

(3) 配置当前 Primary VLAN 下指定的 Secondary VLAN 间三层互通。

private-vlan secondary *vlan-id-list*

缺省情况下，Secondary VLAN 之间三层不互通。

(4) 配置 Primary VLAN 接口的 IP 地址。

（IPv4 网络）

ip address *ip-address* { *mask-length* | *mask* } [**sub**]

（IPv6 网络）

ipv6 address { *ipv6-address prefix-length* | *ipv6-address/prefix-length* }

缺省情况下，没有配置 VLAN 接口的 IP 地址。

(5) 开启本地代理 ARP 功能或本地代理 ND 功能。

（IPv4 网络）

local-proxy-arp enable

缺省情况下，本地代理 ARP 功能处于关闭状态。

本地代理 ARP 功能的相关介绍请参见“三层技术-IP 业务配置指导”中的“代理 ARP”。

（IPv6 网络）

local-proxy-nd enable

缺省情况下，本地代理 ND 功能处于关闭状态。

本地代理 ND 功能的相关介绍请参见“三层技术-IP 业务配置指导”中的“IPv6 基础”。

2.11 Private VLAN显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 Private VLAN 的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表2-1 Private VLAN 显示和维护

操作	命令
显示Primary VLAN和其包含的Secondary VLAN的信息	**display private-vlan** [*primary-vlan-id*]

2.12 Private VLAN典型配置举例

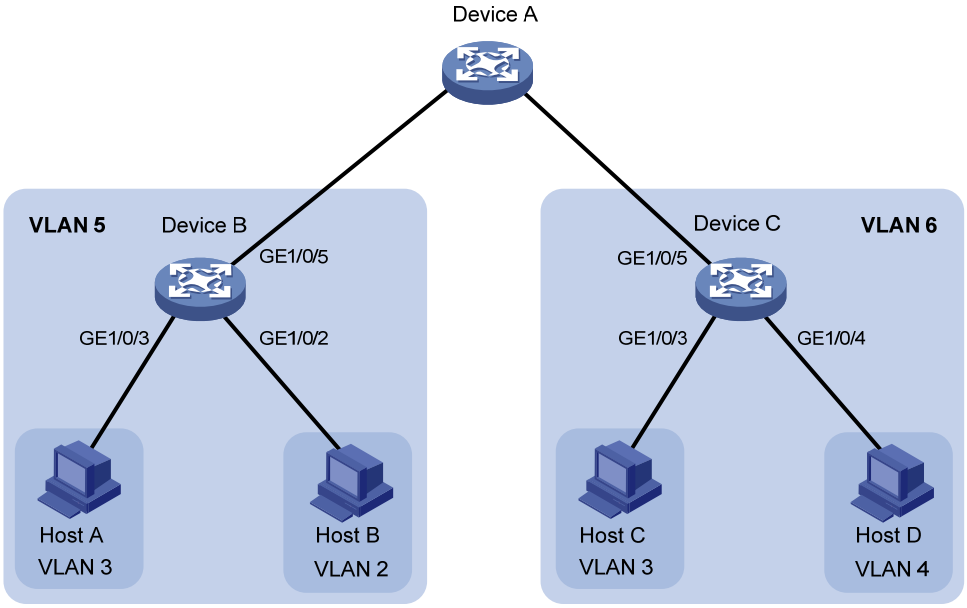
2.12.1 Private VLAN配置举例（promiscuous模式）

1. 组网需求

- Device B 上的 Primary VLAN 5 包含上行端口 GigabitEthernet1/0/5，并关联两个 Secondary VLAN（VLAN 2 和 VLAN 3），其中，VLAN 2 包含端口 GigabitEthernet1/0/2，VLAN 3 包含端口 GigabitEthernet1/0/3。
- Device C 上的 Primary VLAN 6 包含上行端口 GigabitEthernet1/0/5，并关联两个 Secondary VLAN（VLAN 3 和 VLAN 4），其中，VLAN 3 包含端口 GigabitEthernet1/0/3，VLAN 4 包含端口 GigabitEthernet1/0/4。
- 从 Device A 看，下接的 Device B 只有一个 VLAN（VLAN 5），下接的 Device C 只有一个 VLAN（VLAN 6）。

2. 组网图

图2-2 组网图



3. 配置步骤

下面只列出 Device B 和 Device C 的配置过程。

(1) 配置 Device B

配置 VLAN 5 为 Primary VLAN。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] vlan 5
[DeviceB-vlan5] private-vlan primary
[DeviceB-vlan5] quit
```

创建 Secondary VLAN 2、3。

```
[DeviceB] vlan 2 to 3
```

配置 Primary VLAN 5 和 Secondary VLAN 2、3 的映射关系。

```
[DeviceB] vlan 5
[DeviceB-vlan5] private-vlan secondary 2 to 3
[DeviceB-vlan5] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/5 在 VLAN 5 中工作在 promiscuous 模式。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/5
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/5] port private-vlan 5 promiscuous
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/5] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/2、GigabitEthernet1/0/3 分别添加到 VLAN 2、VLAN 3，并配置它们工作在 host 模式。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port access vlan 2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port private-vlan host
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/3
```

```
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port access vlan 3
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port private-vlan host
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

(2) 配置 Device C

配置 VLAN 6 为 Primary VLAN。

```
<DeviceC> system-view
[DeviceC] vlan 6
[DeviceC–vlan6] private-vlan primary
[DeviceC–vlan6] quit
```

创建 Secondary VLAN 3、4。

```
[DeviceC] vlan 3 to 4
```

配置 Primary VLAN 6 和 Secondary VLAN 3、4 的映射关系。

```
[DeviceC] vlan 6
[DeviceC-vlan6] private-vlan secondary 3 to 4
[DeviceC-vlan6] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/5 在 VLAN 6 中工作在 promiscuous 模式。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/5
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/5] port private-vlan 6 promiscuous
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/5] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/3、GigabitEthernet1/0/4 分别添加到 VLAN 3、VLAN 4，并配置它们工作在 host 模式。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/3] port access vlan 3
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/3] port private-vlan host
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/3] quit
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/4
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/4] port access vlan 4
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/4] port private-vlan host
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/4] quit
```

4. 验证配置

显示 Device B 上的 Private VLAN 配置情况（Device C 的显示结果类似，这里不再列出）。

```
[DeviceB] display private-vlan
 Primary VLAN ID: 5
 Secondary VLAN ID: 2-3

 VLAN ID: 5
 VLAN type: Static
 Private VLAN type: Primary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0005
 Name: VLAN 0005
 Tagged ports:   None
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/2
    GigabitEthernet1/0/3
    GigabitEthernet1/0/5
```

```
VLAN ID: 2
VLAN type: Static
Private VLAN type: Secondary
Route interface: Not configured
Description: VLAN 0002
Name: VLAN 0002
Tagged ports:    None
Untagged ports:
   GigabitEthernet1/0/2
   GigabitEthernet1/0/5

VLAN ID: 3
VLAN type: Static
Private VLAN type: Secondary
Route interface: Not configured
Description: VLAN 0003
Name: VLAN 0003
Tagged Ports:    None
Untagged Ports:
   GigabitEthernet1/0/3
   GigabitEthernet1/0/5
```

可以看到，工作在 promiscuous 模式的端口 GigabitEthernet1/0/5 和工作在 host 模式的端口 GigabitEthernet1/0/2 和 GigabitEthernet1/0/3 均以 Untagged 方式允许 VLAN 报文通过。

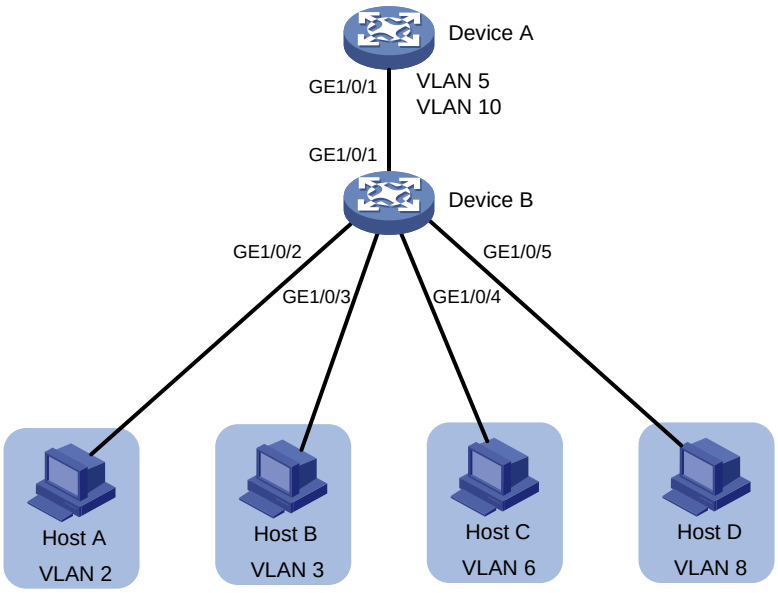
2.12.2 Private VLAN配置举例（trunk promiscuous模式）

1. 组网需求

- Device B 上的 VLAN 5 和 VLAN 10 为 Primary VLAN，其上行端口 GigabitEthernet1/0/1 需要允许 VLAN 5 和 VLAN 10 的报文携带 VLAN Tag 通过。
- Device B 的下行端口 GigabitEthernet1/0/2 允许 Secondary VLAN 2 通过，GigabitEthernet1/0/3 允许 Secondary VLAN 3 通过，Secondary VLAN 2、3 映射到 Primary VLAN 5。
- Device B 的下行端口 GigabitEthernet1/0/4 允许 Secondary VLAN 6 通过，GigabitEthernet1/0/5 允许 Secondary VLAN 8 通过，Secondary VLAN 6、8 映射到 Primary VLAN 10。
- 从 Device A 看，下接的 Device B 只有 VLAN 5 和 VLAN 10。

2. 组网图

图2-3 组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device B

配置 VLAN 5 和 VLAN 10 为 Primary VLAN。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] vlan 5
[DeviceB-vlan5] private-vlan primary
[DeviceB-vlan5] quit
[DeviceB] vlan 10
[DeviceB-vlan10] private-vlan primary
[DeviceB-vlan10] quit
```

创建 Secondary VLAN 2、3、6、8。

```
[DeviceB] vlan 2 to 3
[DeviceB] vlan 6
[DeviceB-vlan6] quit
[DeviceB] vlan 8
[DeviceB-vlan8] quit
```

配置 Primary VLAN 5 和 Secondary VLAN 2、3 的映射关系。

```
[DeviceB] vlan 5
[DeviceB-vlan5] private-vlan secondary 2 to 3
[DeviceB-vlan5] quit
```

配置 Primary VLAN 10 和 Secondary VLAN 6、8 的映射关系。

```
[DeviceB] vlan 10
[DeviceB-vlan10] private-vlan secondary 6 8
[DeviceB-vlan10] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/1 在 VLAN 5 和 VLAN 10 中工作在 trunk promiscuous 模式。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port private-vlan 5 10 trunk promiscuous
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/2 加入 VLAN 2，GigabitEthernet1/0/3 加入 VLAN 3，并配置它们工作在 host 模式。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port access vlan 2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port private-vlan host
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port access vlan 3
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port private-vlan host
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/4 加入 VLAN 6，GigabitEthernet1/0/5 加入 VLAN 8，并配置它们工作在 host 模式。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/4
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/4] port access vlan 6
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/4] port private-vlan host
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/4] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/5
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/5] port access vlan 8
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/5] port private-vlan host
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/5] quit
```

(2) 配置 Device A

创建 VLAN 5 和 VLAN 10。

```
[DeviceA] vlan 5
[DeviceA-vlan5] quit
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Hybrid 端口，并允许 VLAN 5 和 VLAN 10 携带 Tag 通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 5 10 tagged
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

4. 验证配置

显示 Device B 上的 Primary VLAN 5 配置情况（Primary VLAN 10 的显示结果类似，这里不再列出）。

```
[DeviceB] display private-vlan 5
 Primary VLAN ID: 5
 Secondary VLAN ID: 2-3

 VLAN ID: 5
 VLAN type: Static
 Private VLAN type: Primary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0005
```

```
 Name: VLAN 0005
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/1
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/2
    GigabitEthernet1/0/3

 VLAN ID: 2
 VLAN type: Static
 Private VLAN type: Secondary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0002
 Name: VLAN 0002
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/1
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/2

 VLAN ID: 3
 VLAN type: Static
 Private VLAN type: Secondary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0003
 Name: VLAN 0003
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/1
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/3
```

可以看到，工作在 trunk promiscuous 模式的端口 GigabitEthernet1/0/1 以 Tagged 方式允许 VLAN 报文通过，工作在 host 模式的端口 GigabitEthernet1/0/2 和 GigabitEthernet1/0/3 以 Untagged 方式允许 VLAN 报文通过。

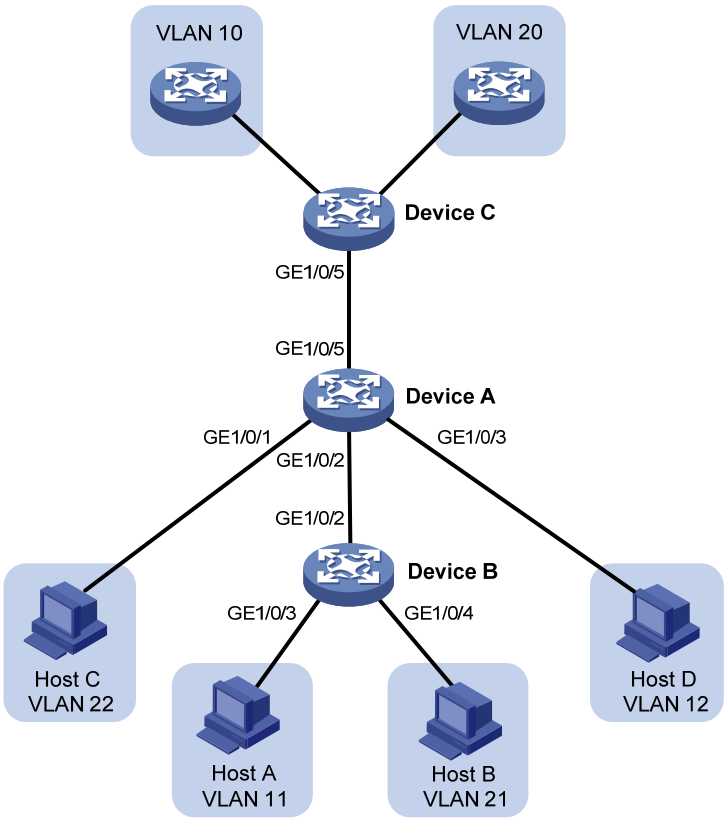
2.12.3 Private VLAN配置举例（trunk promiscuous & trunk secondary模式）

1. 组网需求

- Device A 上的 VLAN 10 和 VLAN 20 为 Primary VLAN，上行端口 GigabitEthernet1/0/5 需要允许 VLAN 10 和 VLAN 20 的报文携带 VLAN Tag 通过。
- Device A 上的 VLAN 11、12、21、22 为 Secondary VLAN，下行端口 GigabitEthernet1/0/2 允许 Secondary VLAN 11、21 的报文携带 VLAN Tag 通过，下行端口 GigabitEthernet1/0/1 允许 Secondary VLAN 22 通过，下行端口 GigabitEthernet1/0/3 允许 Secondary VLAN 12 通过。
- Secondary VLAN 11、12 映射到 Primary VLAN 10；Secondary VLAN 21、22 映射到 Primary VLAN 20。

2. 组网图

图2-4 组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device A

配置 VLAN 10 和 VLAN 20 为 Primary VLAN。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] private-vlan primary
[DeviceA-vlan10] quit
[DeviceA] vlan 20
[DeviceA-vlan20] private-vlan primary
[DeviceA-vlan20] quit
```

创建 Secondary VLAN 11、12、21、22。

```
[DeviceA] vlan 11 to 12
[DeviceA] vlan 21 to 22
```

配置 Primary VLAN 10 和 Secondary VLAN 11、12 的映射关系。

```
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] private-vlan secondary 11 12
[DeviceA-vlan10] quit
```

配置 Primary VLAN 20 和 Secondary VLAN 21、22 的映射关系。

```
[DeviceA] vlan 20
[DeviceA-vlan20] private-vlan secondary 21 22
```

```
[DeviceA-vlan20] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/5 在 VLAN 10 和 VLAN 20 中工作在 trunk promiscuous 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/5
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/5] port private-vlan 10 20 trunk promiscuous
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/5] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/1 加入 VLAN 22，并配置其工作在 host 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port access vlan 22
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port private-vlan host
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/3 加入 VLAN 12，并配置其工作在 host 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port access vlan 12
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port private-vlan host
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

配置下行端口 GigabitEthernet1/0/2 在 VLAN 11 和 VLAN 21 中工作在 trunk secondary 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port private-vlan 11 21 trunk secondary
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 配置 Device B

创建 VLAN 11 和 VLAN 21。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] vlan 11
[DeviceB-vlan11] quit
[DeviceB] vlan 21
[DeviceB-vlan21] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Hybrid 端口，并允许 VLAN 11 和 VLAN 21 携带 Tag 通过。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port link-type hybrid
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port hybrid vlan 11 21 tagged
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/3 加入 VLAN 11。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port access vlan 11
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/4 加入 VLAN 21。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/4
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/4] port access vlan 21
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/4] quit
```

(3) 配置 Device C

创建 VLAN 10 和 VLAN 20。

```
<DeviceC> system-view
```

```
[DeviceC] vlan 10
[DeviceC-vlan10] quit
[DeviceC] vlan 20
[DeviceC-vlan20] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/5 为 Hybrid 端口，并允许 VLAN 10 和 VLAN 20 携带 Tag 通过。

```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/5
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/5] port link-type hybrid
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/5] port hybrid vlan 10 20 tagged
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/5] quit
```

4. 验证配置

显示 Device A 上 Primary VLAN 10 的配置情况（Primary VLAN 20 的显示结果类似，这里不再列出）。

```
[DeviceA] display private-vlan 10
 Primary VLAN ID: 10
 Secondary VLAN ID: 11-12

 VLAN ID: 10
 VLAN type: Static
 Private-vlan type: Primary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0010
 Name: VLAN 0010
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/2
    GigabitEthernet1/0/5
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/3

 VLAN ID: 11
 VLAN type: Static
 Private-vlan type: Secondary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0011
 Name: VLAN 0011
 Tagged ports:
    GigabitEthernet1/0/2
    GigabitEthernet1/0/5
 Untagged ports: None

 VLAN ID: 12
 VLAN type: Static
 Private-vlan type: Secondary
 Route interface: Not configured
 Description: VLAN 0012
 Name: VLAN 0012
 Tagged ports:
```

```
    GigabitEthernet1/0/5
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/3
```

可以看到，工作在 trunk promiscuous 模式的端口 GigabitEthernet1/0/5 和工作在 trunk secondary 模式的端口 GigabitEthernet1/0/2 以 Tagged 方式允许 VLAN 报文通过，工作在 host 模式的端口 GigabitEthernet1/0/3 以 Untagged 方式允许 VLAN 报文通过。

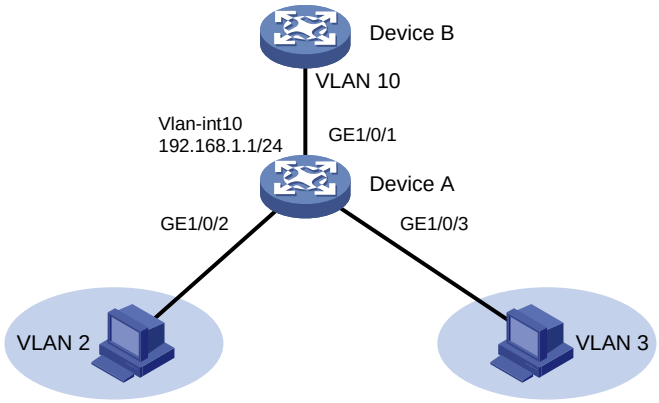
2.12.4 Secondary VLAN间三层互通配置举例

1. 组网需求

- Device A 上的 VLAN 10 为 Primary VLAN，包含上行端口 GigabitEthernet1/0/1 并关联两个 Secondary VLAN（VLAN 2 和 VLAN 3），VLAN 2 包含端口 GigabitEthernet1/0/2，VLAN 3 包含端口 GigabitEthernet1/0/3。VLAN 接口 10 的 IP 地址为 192.168.1.1/24。
- 实现各 Secondary VLAN 间二层隔离和三层互通。

2. 组网图

图2-5 组网图



3. 配置步骤

配置 VLAN 10 为 Primary VLAN。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] private-vlan primary
[DeviceA-vlan10] quit
```

创建 Secondary VLAN 2、3。

```
[DeviceA] vlan 2 to 3
```

配置 Primary VLAN 10 和 Secondary VLAN 2、3 的映射关系。

```
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] private-vlan secondary 2 3
[DeviceA-vlan10] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/1 在 VLAN 10 中工作在 promiscuous 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port private-vlan 10 promiscuous
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/2 加入 VLAN 2，并配置其工作在 host 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port access vlan 2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port private-vlan host
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

将下行端口 GigabitEthernet1/0/3 加入 VLAN 3，并配置其工作在 host 模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port access vlan 3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port private-vlan host
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

配置 Primary VLAN 10 下 Secondary VLAN 2、3 之间三层互通。

```
[DeviceA] interface vlan-interface 10
[DeviceA-Vlan-interface10] private-vlan secondary 2 3
```

配置 VLAN 接口 10 的 IP 地址为 192.168.1.1/24。

```
[DeviceA-Vlan-interface10] ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

开启本地代理 ARP 功能。

```
[DeviceA-Vlan-interface10] local-proxy-arp enable
[DeviceA-Vlan-interface10] quit
```

4. 验证配置

查看 Private VLAN 10 的相关信息，验证以上配置是否生效。

```
[DeviceA] display private-vlan 10
 Primary VLAN ID: 10
 Secondary VLAN ID: 2-3

 VLAN ID: 10
 VLAN type: Static
 Private VLAN type: Primary
 Route interface: Configured
 IPv4 address: 192.168.1.1
 IPv4 subnet mask: 255.255.255.0
 Description: VLAN 0010
 Name: VLAN 0010
 Tagged ports:   None
 Untagged ports:
    GigabitEthernet1/0/1
    GigabitEthernet1/0/2
    GigabitEthernet1/0/3

 VLAN ID: 2
 VLAN type: Static
 Private VLAN type: Secondary
 Route interface: Configured
 IPv4 address: 192.168.1.1
 IPv4 subnet mask: 255.255.255.0
 Description: VLAN 0002
 Name: VLAN 0002
```

```
Tagged ports:   None
Untagged ports:
   GigabitEthernet1/0/1
   GigabitEthernet1/0/2

VLAN ID: 3
VLAN type: Static
Private VLAN type: Secondary
Route interface: Configured
IPv4 address: 192.168.1.1
IPv4 subnet mask: 255.255.255.0
Description: VLAN 0003
Name: VLAN 0003
Tagged ports:   None
Untagged ports:
   GigabitEthernet1/0/1
   GigabitEthernet1/0/3
```

可以看到，Secondary VLAN 2 和 Secondary VLAN 3 的 Route interface 字段都显示为 Configured，说明 Secondary VLAN 2 与 Secondary VLAN 3 间已配置三层互通。

3 Voice VLAN

3.1 Voice VLAN简介

Voice VLAN 是为用户的语音数据流专门划分的 VLAN。通过划分 Voice VLAN 并将连接语音设备的端口加入 Voice VLAN，系统自动为语音报文修改 QoS（Quality of Service，服务质量）参数，来提高语音数据报文优先级、保证通话质量。

3.1.1 Voice VLAN工作过程

当 IP 电话接入设备时，需要设备完成以下两个任务：

(1) 识别 IP 电话，获取 IP 电话的 MAC 地址，从而进行安全认证及提高语音报文的优先级。

(2) 将 Voice VLAN 信息通告给 IP 电话，IP 电话能够根据收到的 Voice VLAN 信息完成自动配置，使 IP 电话发出的语音报文在 Voice VLAN 内传输。

说明

常见的语音设备有 IP 电话、IAD（Integrated Access Device，综合接入设备）等。本文中以 IP 电话为例进行说明。

3.1.2 设备识别IP电话

1. OUI地址

设备可以根据端口接收的报文的源 MAC 地址来判断该数据流是否为语音数据流。源 MAC 地址符合系统配置的语音设备 OUI（Organizationally Unique Identifier，全球统一标识符）地址的报文被认为是语音数据流。

用户可以预先配置OUI地址，也可以使用缺省的OUI地址作为判断标准。设备缺省的OUI地址如 表3-1 所示。

表3-1 设备缺省的 OUI 地址

序号	OUI 地址	生产厂商
1	0001-e300-0000	Siemens phone
2	0003-6b00-0000	Cisco phone
3	0004-0d00-0000	Avaya phone
4	000f-e200-0000	H3C Aolynk phone
5	0060-b900-0000	Philips/NEC phone
6	00d0-1e00-0000	Pingtel phone
7	00e0-7500-0000	Polycom phone
8	00e0-bb00-0000	3Com phone

说明

通常意义下，OUI 地址指的是 MAC 地址的前 24 位（二进制），是 IEEE 为不同设备供应商分配的一个全球唯一的标识符。本文中的 OUI 地址有别于通常意义的 OUI 地址，它是设备判断收到的报文是否为语音报文的依据，是 **voice-vlan mac-address** 命令中的 *mac-address* 和 *oui-mask* 参数相与运算后的结果。

设备缺省的 OUI 地址可以手工删除，删除之后也可再次手工添加。

2. 通过LLDP自动识别IP电话

通过设备上配置的 OUI 地址识别 IP 电话的方法受限于设备上可配置的 OUI 地址的数量，并且当网络中 IP 电话数量众多时，网络管理员的配置工作量较大。如果 IP 电话支持 LLDP（Link Layer Discovery Protocol，链路层发现协议）功能，可以配置 LLDP 自动识别 IP 电话功能。

在设备上配置了通过 LLDP 自动发现 IP 电话功能后，设备将通过 LLDP 自动发现对端设备，并与对端设备通过 LLDP 的 TLV 进行信息交互。如果通过端口收到的 LLDP System Capabilities TLV 中的信息发现对端设备具有电话能力，则认为对端设备是 IP 电话并将设备上配置的 Voice VLAN 信息通过 LLDP 发送给对端设备。这种方式使接入网络的 IP 电话类型不再受限于 OUI 地址的数量。

在完成 IP 电话的发现过程后，端口将继续完成 Voice VLAN 的其他功能，即端口将自动加入 Voice VLAN，并提高从该 IP 电话发出的语音数据的优先级。为防止 IP 电话无法通过端口上配置的认证功能，设备还会将 IP 电话的 MAC 地址添加到 MAC 地址表中。

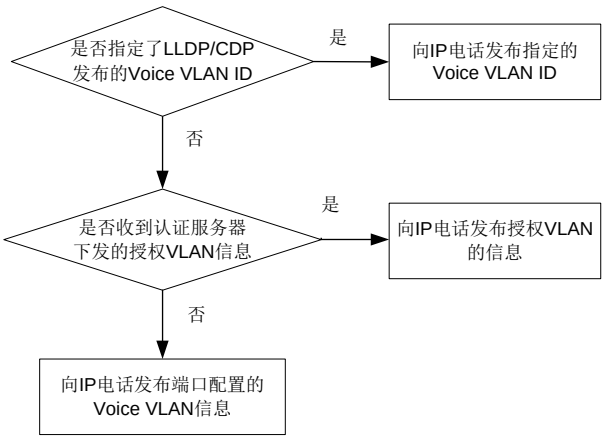
有关 LLDP 的详细信息，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“LLDP”。

3.1.3 设备将Voice VLAN信息通告给IP电话

设备可以通过三种方式将 Voice VLAN 信息通告给 IP 电话，这三种方式的优先顺序如下图所示。

- 通过命令行指定 LLDP 或 CDP（Cisco Discovery Protocol，思科发现协议）发布的 Voice VLAN ID。
- 当 IP 电话配合接入认证功能使用时，将认证服务器下发的授权 VLAN 信息通告给 IP 电话。
- 直接将端口配置的 Voice VLAN 信息通告给 IP 电话。

图3-1 设备向 IP 电话发布 Voice VLAN 信息的过程

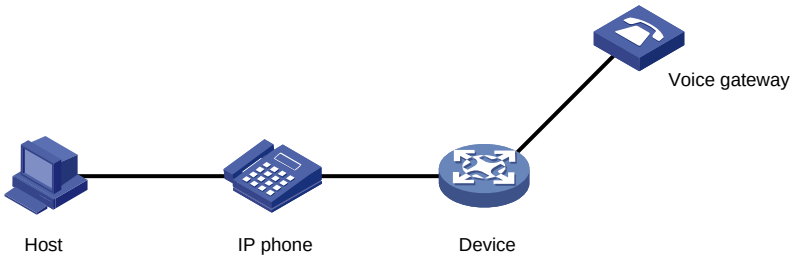


3.1.4 IP电话的接入方式

1. 主机和IP电话串联接入

如下图所示，主机连接到 IP 电话，IP 电话连接到接入设备。在串联接入的环境下，需要将主机和 IP 电话划分到不同的 VLAN，且需要 IP 电话能发出携带 VLAN Tag 的报文，从而区分业务数据流和语音数据流。同时，需要配置端口允许 Voice VLAN 和 PVID 通过。

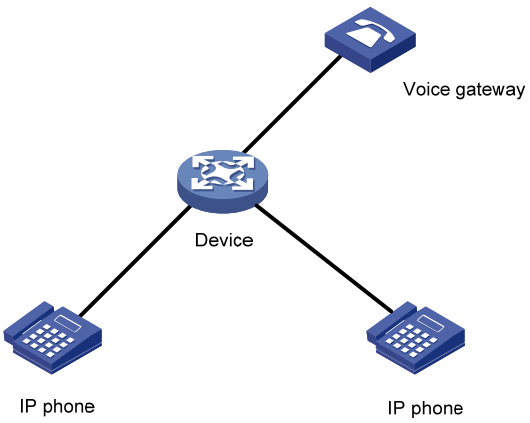
图3-2 主机与 IP 电话串联接入组网图



2. IP电话单独接入

如下图所示，IP 电话单独接入设备。单独接入适用于 IP 电话发出 Untagged 语音报文的情况，此时需要配置 PVID 为 Voice VLAN，并配置端口允许 PVID 通过。

图3-3 IP 电话单独接入组网图



3.1.5 端口加入Voice VLAN的方式

根据端口加入 Voice VLAN 的不同方式，可以将 Voice VLAN 的工作模式分为自动模式和手动模式。

1. 自动模式

自动模式适用于主机和IP电话串联接入（端口同时传输语音数据和普通业务数据）的组网方式，如图 3-2 所示。

自动模式下，系统利用 IP 电话上电时发出的协议报文，识别报文的源 MAC 地址，匹配 OUI 地址。匹配成功后，系统将自动把语音报文的入端口加入 Voice VLAN，并下发 ACL 规则、配置报文的优

先级。用户可以在设备上配置 Voice VLAN 的老化时间，当在老化定时器停止前系统没有从入端口收到任何语音报文时，系统将把该端口从 Voice VLAN 中删除。端口的添加/删除到 Voice VLAN 的过程由系统自动实现。当 Voice VLAN 正常工作时，如果遇到 IP 电话重新启动，为保证已经建立的语音连接能够正常工作，系统会在 IP 电话重新启动完成后，将配置为自动模式的端口重新加入 Voice VLAN，而不需要再次通过语音流触发。

2. 手动模式

手动模式适用于IP电话单独接入（端口仅传输语音报文）的组网方式，如 图 3-3 所示。该组网方式可以使该端口专用于传输语音数据，最大限度避免业务数据对语音数据传输的影响。

手动模式下，需要手工将连接 IP 电话的端口加入 Voice VLAN 中。再通过识别报文的源 MAC 地址，匹配 OUI 地址。匹配成功后，系统将下发 ACL 规则、配置报文的优先级。端口的添加/删除到 Voice VLAN 的过程由网络管理员手动实现。

3.1.6 端口加入Voice VLAN的方式和IP电话的配合

由于IP电话类型较多，因此需要用户保证端口的链路类型与IP电话匹配，不同Voice VLAN工作模式下的详细配合关系请见 表 3-2 和 表 3-3。

如果用户的 IP 电话发出的是 Tagged 语音流，且接入端口上开启了 802.1X 认证和 Guest VLAN/Auth-Fail VLAN/Critical VLAN，为保证各种功能的正常使用，请为 Voice VLAN、PVID 和 802.1X 的 Guest VLAN/Auth-Fail VLAN/Critical VLAN 分配不同的 VLAN ID。

如果用户的 IP 电话发出的是 Untagged 语音流，为实现 Voice VLAN 功能，只能将 PVID 配置为 Voice VLAN，此时将不能实现 802.1X 认证功能。

1. IP电话发送Tagged语音数据

表3-2 不同类型端口支持 Tagged 语音数据配置要求

Voice VLAN 工作模式	端口类型	是否支持 Tagged 语音数据	配置要求
自动模式	Access	不支持	-
	Trunk	支持	PVID不能为Voice VLAN
	Hybrid		
手工模式	Access	不支持	-
	Trunk	支持	PVID不能为Voice VLAN，需要配置端口允许Voice VLAN的报文通过
	Hybrid	支持	PVID不能为Voice VLAN，需要配置端口允许Voice VLAN的报文携带Tag通过

2. IP电话发送Untagged语音数据

当 IP 电话发送 Untagged 语音数据，则端口的 Voice VLAN 工作模式只能为手工模式，不能为自动模式。

表3-3 不同类型端口支持 Untagged 语音数据配置要求

Voice VLAN 工作模式	端口类型	是否支持 Untagged 语音数据	配置要求
自动模式	Access	不支持	-
	Trunk		
	Hybrid		
手工模式	Access	支持	端口加入Voice VLAN
	Trunk	支持	PVID必须为Voice VLAN，且接入端口允许PVID通过
	Hybrid	支持	PVID必须为Voice VLAN，且允许PVID的报文不带VLAN Tag通过

3.1.7 Voice VLAN的安全模式和普通模式

开启了 Voice VLAN 功能的端口会对接收到的报文进行过滤，根据过滤机制的不同，可以将 Voice VLAN 的工作模式分为普通模式和安全模式：

- 普通模式下，端口加入 Voice VLAN 后，设备对于接收的语音报文不再一一进行识别，凡是带有 Voice VLAN Tag 的报文，设备将不再检查其源 MAC 地址是否为语音设备的 OUI 地址，均接收并在 Voice VLAN 中转发。对于 PVID 就是 Voice VLAN 的手工模式端口，会导致任意的 Untagged 报文都可以在 Voice VLAN 中传输。这样的处理方式很容易使 Voice VLAN 收到恶意用户的流量攻击。恶意用户可以构造大量带有 Voice VLAN Tag 或 Untagged 的报文，占用 Voice VLAN 的带宽，影响正常的语音通信。
- 安全模式下，设备将对每一个要进入 Voice VLAN 传输的报文进行源 MAC 地址匹配检查，对于不能匹配 OUI 地址的报文，则将其丢弃。

对于比较安全的网络，用户可以配置 Voice VLAN 的普通模式，以减少检查报文的工作对系统资源的占用。

提示

只有匹配了 OUI 地址的报文才能被修改优先级。比如在普通模式下，报文在 Voice VLAN 中转发，但如果该报文未匹配 OUI 地址，则该报文不会被修改优先级。

建议用户尽量不要在 Voice VLAN 中同时传输语音和业务数据。如确有此需要，请确认 Voice VLAN 的安全模式已关闭，否则业务数据会被丢弃。

表3-4 Voice VLAN 的安全/普通模式对报文的处理

Voice VLAN 工作模式	报文类型	处理方式
安全模式	Untagged报文	当报文的源MAC地址是可识别的OUI地址时，允许该报文在Voice VLAN内传输，否则将该报文丢弃
	带有Voice VLAN Tag的报文	

Voice VLAN 工作模式	报文类型	处理方式
	带有其他VLAN Tag的报文	根据指定端口是否允许该VLAN通过来对报文进行转发和丢弃的处理，不受Voice VLAN安全/普通模式的影响
普通模式	Untagged报文	不对报文的源MAC地址进行检查，所有报文均可以在Voice VLAN内进行传输
	带有Voice VLAN Tag的报文	
	带有其他VLAN Tag的报文	根据指定端口是否允许该VLAN通过来对报文进行转发和丢弃的处理，不受Voice VLAN安全/普通模式的影响

3.2 Voice VLAN与硬件适配关系

S5000E-X、S5110V2-SI 与 S5000V3-EI 系列交换机不支持配置 Voice VLAN 功能。

3.3 Voice VLAN配置限制和指导

Voice VLAN 的老化定时器需在对应的 MAC 地址表项老化之后才能启动，因此 Voice VLAN 实际的老化时间为设备上配置的 Voice VLAN 老化时间与动态 MAC 地址表项老化时间之和。有关动态 MAC 地址老化时间的详细介绍，请参见“MAC 地址表”。

不建议 Voice VLAN 功能与 MAC 地址禁止学习功能或 MAC 地址数学习上限功能同时使用，否则部分流量可能被丢弃：

- 同时配置 Voice VLAN 功能与 MAC 地址禁止学习功能时，仅精确匹配了 OUI 地址的报文能够正常转发，未精确匹配的报文将被丢弃。
- 同时配置 Voice VLAN 功能与 MAC 地址数学习上限功能时，当接口学习到的 MAC 地址到达所配置的上限后，仅匹配 MAC 地址表中已学习到的表项和 OUI 地址的报文能够正常转发，其余报文将被丢弃。

3.4 Voice VLAN配置任务简介

Voice VLAN 配置任务如下：

(1) 配置端口Voice VLAN功能

请选择以下一项任务进行配置：

- 配置自动模式下的Voice VLAN
- 配置手动模式下的Voice VLAN

(2) （可选）配置通过LLDP自动发现IP电话功能

(3) （可选）配置通过LLDP/CDP通告Voice VLAN信息

请选择以下一项任务进行配置：

- 配置通过LLDP通告Voice VLAN信息
- 配置通过CDP通告Voice VLAN信息

3.5 配置端口Voice VLAN功能

3.5.1 配置自动模式下的Voice VLAN

1. 配置限制和指导

- 自动模式下的 Voice VLAN 只支持 Hybrid 端口对 Tagged 的语音流进行处理，而协议 VLAN 特性要求 Hybrid 入端口的报文格式为 Untagged 的，因此，不能将某个 VLAN 同时配置为 Voice VLAN 和协议 VLAN。
- 配置 MSTP 多实例情况下，如果端口在要加入的 Voice VLAN 对应的 MSTP 实例中是阻塞状态，则端口会丢弃收到的报文，造成 MAC 地址不能上送，不能完成动态触发功能。自动模式 Voice VLAN 的使用场景为接入侧，不建议和多实例 MSTP 同时使用。
- 配置 PVST 情况下，如果端口要加入的 Voice VLAN 不为端口允许通过的 VLAN，则端口处于阻塞状态，会丢弃收到的报文，造成 MAC 地址不能上送，不能完成动态触发功能。自动模式 Voice VLAN 的使用场景为接入侧，不建议和 PVST 同时使用。
- 当端口配置了动态触发端口加入静态 MAC VLAN，又配置本功能时，两个功能可能会相互影响，导致其中某个功能不可用。当端口同时配置了本功能和动态触发端口加入静态 MAC VLAN，再取消其中任何一个功能的配置，会导致另一个功能不可用。因此不建议同一端口同时配置本功能和动态触发端口加入静态 MAC VLAN。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) （可选）配置 Voice VLAN 的老化时间。

voice-vlan aging *minutes*

缺省情况下，老化时间为 1440 分钟，老化时间只对自动模式下的端口有效。

(3) （可选）开启 Voice VLAN 的安全模式。

voice-vlan security enable

缺省情况下，Voice VLAN 工作在安全模式。

(4) （可选）配置 Voice VLAN 识别的 OUI 地址。

voice-vlan mac-address *oui* **mask** *oui-mask* [**description** *text*]

Voice VLAN启动后将有缺省的OUI地址，请参见“表 3-1设备缺省的OUI地址”。

(5) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(6) 配置端口的链路类型。请选择其中一项进行配置。

- 配置端口的链路类型为 Trunk。

  port link-type trunk

- 配置端口的链路类型为 Hybrid。

  port link-type hybrid

(7) 配置端口的 Voice VLAN 工作模式为自动模式。

voice-vlan mode auto

缺省情况下，端口的 Voice VLAN 工作模式为自动模式。

(8) 开启端口的 Voice VLAN 功能。

voice-vlan *vlan-id* **enable**

缺省情况下，端口的 Voice VLAN 功能处于关闭状态。

开启端口的 Voice VLAN 功能之前，须确保对应的 VLAN 已存在。

3.5.2 配置手动模式下的Voice VLAN

1. 配置限制和指导

- 同一设备同一时刻可以给不同的端口配置不同的Voice VLAN，但一个端口只能配置一个Voice VLAN，而且这些 VLAN 必须是已经存在的静态 VLAN。
- 不允许在聚合组的成员端口上开启 Voice VLAN 功能。有关聚合组的成员端口的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“以太网链路聚合”。
- 当端口开启了 Voice VLAN 并工作在手工模式时，必须手工将端口加入 Voice VLAN，才能保证 Voice VLAN 功能生效。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) （可选）开启 Voice VLAN 的安全模式。

voice-vlan security enable

缺省情况下，Voice VLAN 工作在安全模式。

(3) （可选）配置 Voice VLAN 中可识别的 OUI 地址。

voice-vlan mac-address *oui* **mask** *oui-mask* **[description** *text* **]**

Voice VLAN启动后将有缺省的OUI地址，请参见“表 3-1设备缺省的OUI地址”。

(4) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(5) 配置端口的 Voice VLAN 工作模式为手动模式。

undo voice-vlan mode auto

缺省情况下，端口的 Voice VLAN 工作模式为自动模式。

(6) 将手动模式端口加入 Voice VLAN。请选择其中一项进行配置。

- 将 Access 端口加入 Voice VLAN。

  请参见“1.3.2 配置基于Access端口的VLAN”。

  将 Access 端口加入 Voice VLAN 后，Voice VLAN 会自动成为 PVID。
- 将 Trunk 端口加入 Voice VLAN。

  请参见“1.3.3 配置基于Trunk端口的VLAN”。
- 将 Hybrid 端口加入 Voice VLAN。

  请参见“1.3.4 配置基于Hybrid端口的VLAN”。

(7) （可选）配置 PVID 为 Voice VLAN。请选择其中一项进行配置。

- 将 Trunk 端口 PVID 配置为 Voice VLAN。

请参见“1.3.3 配置基于Trunk端口的VLAN”。

- 将 Hybrid 端口 PVID 配置为 Voice VLAN。

  请参见“1.3.4 配置基于Hybrid端口的VLAN”。

当输入的语音流是 Untagged 语音流时，需要进行该项配置；当输入的语音流是 Tagged 语音流时，不能将 PVID 配置为 Voice VLAN。

(8) 开启端口的 Voice VLAN 功能。

voice-vlan *vlan-id* **enable**

缺省情况下，端口的 Voice VLAN 功能处于关闭状态。

开启端口的 Voice VLAN 功能之前，须先创建对应的 VLAN。

3.6 配置通过LLDP自动发现IP电话功能

1. 配置限制和指导

- 在配置本功能前，需要在全局和接入端口均开启 LLDP 功能。
- 通过 LLDP 自动发现 IP 电话功能只能与 Voice VLAN 自动模式配合使用，不能与手动模式配合使用。
- 通过 LLDP 自动发现 IP 电话功能与 LLDP 兼容 CDP 功能不能同时配置。
- 设备开启通过 LLDP 自动发现 IP 电话功能后，每个端口最多可以接入 5 台 IP 电话。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启通过 LLDP 自动发现 IP 电话功能。

voice-vlan track lldp

缺省情况下，通过 LLDP 自动发现 IP 电话功能处于关闭状态。

3.7 配置通过LLDP/CDP通告Voice VLAN信息

3.7.1 配置通过LLDP通告Voice VLAN信息

1. 功能简介

对于支持 LLDP 的 IP 电话，可以通过 LLDP-MED 中的 Network Policy TLV 将 Voice VLAN 信息通告给 IP 电话。

2. 配置准备

在配置本功能前，需要在全局和接入端口开启 LLDP 功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口上发布的 Voice VLAN ID。

lldp tlv-enable med-tlv network-policy *vlan-id*

缺省情况下，未配置端口上发布的 Voice VLAN ID。

(4) （可选）查看通告的 Voice VLAN 信息。

display lldp local-information

3.7.2 配置通过CDP通告Voice VLAN信息

1. 功能简介

如果 IP 电话只支持 CDP，不支持 LLDP，当设备与这类 IP 电话直连时，IP 电话将会向设备发送 CDP 报文以请求在设备上所配 Voice VLAN 的 VLAN ID；如果在指定时间内没有收到设备发送的 Voice VLAN 的 VLAN ID，IP 电话将会把语音数据流以 Untagged 方式发送，从而导致语音数据流与其他类型的数据流混在一起，无法进行区分。

通过在设备上配置 LLDP 兼容 CDP 功能，可以利用 LLDP 来接收、识别从 IP 电话发送的 CDP 报文，并向 IP 电话发送 CDP 报文，该 CDP 报文携带设备配置的 Voice VLAN 信息，使 IP 电话完成 Voice VLAN 的自动配置。之后 IP 电话的语音数据流将被限制在配置的 Voice VLAN 内，与其他数据流区分开来。

设备发送给 IP 电话的 CDP 报文中不包含优先级信息。

2. 配置准备

在配置本功能前，需要在全局和接入端口开启 LLDP 功能。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启 LLDP 兼容 CDP 功能。

lldp compliance cdp

缺省情况下，LLDP 兼容 CDP 功能处于关闭状态。

(3) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 配置 LLDP 兼容 CDP 功能的工作模式为 TxRx。

lldp compliance admin-status cdp txrx

缺省情况下，LLDP 兼容 CDP 功能的工作模式为 Disable。

(5) 配置 CDP 报文携带的 Voice VLAN ID。

cdp voice-vlan *vlan-id*

缺省情况下，未配置 CDP 报文携带的 Voice VLAN ID。

3.8 Voice VLAN显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 Voice VLAN 的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表3-5 Voice VLAN 显示和维护

操作	命令
显示Voice VLAN的状态	**display voice-vlan state**
显示系统当前支持的OUI地址	**display voice-vlan mac-address**

3.9 Voice VLAN典型配置举例

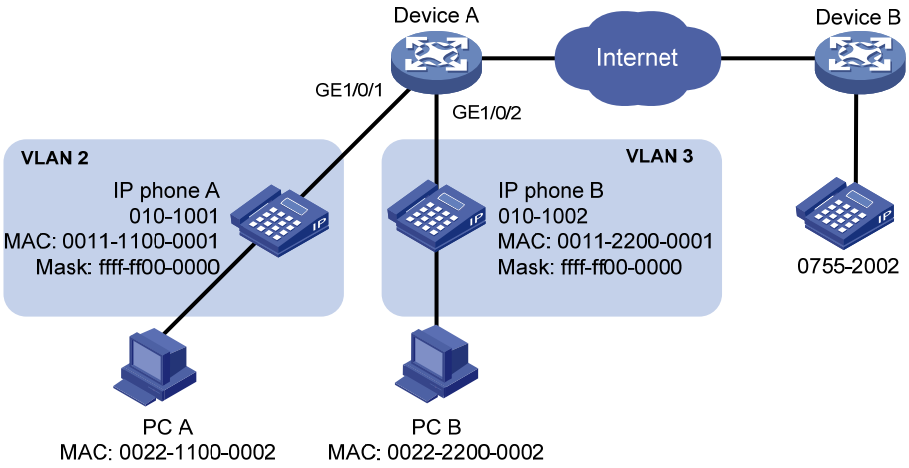
3.9.1 自动模式下Voice VLAN的配置举例

1. 组网需求

- IP phone A 的 MAC 地址为 0011-1100-0001，下行连接 PC A（MAC 地址为 0022-1100-0002），上行连接到 Device A 的 GigabitEthernet1/0/1 端口。
- IP phone B 的 MAC 地址为 0011-2200-0001，下行连接 PC B（MAC 地址为 0022-2200-0002），上行连接到 Device A 的 GigabitEthernet1/0/2 端口。
- Device A 使用 Voice VLAN 2 传输 IP phone A 产生的语音报文；使用 Voice VLAN 3 传输 IP phone B 产生的语音报文。
- Device A 的端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 工作在自动模式，如果它们在 30 分钟内没有收到语音流，就将相应的 Voice VLAN 老化。

2. 组网图

图3-4 配置自动模式下 Voice VLAN 组网图



3. 配置步骤

创建 VLAN 2 和 VLAN 3。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] vlan 2 to 3
```

配置 Voice VLAN 的老化时间为 30 分钟。

```
[DeviceA] voice-vlan aging 30
```

由于端口 GigabitEthernet1/0/1 可能会同时收到语音和数据两种流量，为了保证语音报文的质量以及带宽的高效利用，配置 Voice VLAN 工作在安全模式，即 Voice VLAN 只用于传输语音报文。（可选，缺省情况下，Voice VLAN 工作在安全模式）

```
[DeviceA] voice-vlan security enable
```

配置允许 OUI 地址为 0011-1100-0000 和 0011-2200-0000 的报文通过 Voice VLAN，即当报文源 MAC 地址前缀为 0011-1100-0000 或 0011-2200-0000 时，Device A 会把它当成语音报文来处理。

```
[DeviceA] voice-vlan mac-address 0011-1100-0001 mask ffff-ff00-0000 description IP phone A
[DeviceA] voice-vlan mac-address 0011-2200-0001 mask ffff-ff00-0000 description IP phone B
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Hybrid 类型端口。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
```

将端口 GigabitEthernet1/0/1 上 Voice VLAN 的工作模式配置为自动模式。（可选，缺省情况下，端口的 Voice VLAN 工作在自动模式。）

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] voice-vlan mode auto
```

开启端口 Voice VLAN 功能。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] voice-vlan 2 enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

在端口 GigabitEthernet1/0/2 上进行相应的配置。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port link-type hybrid
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] voice-vlan mode auto
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] voice-vlan 3 enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

4. 验证配置

显示当前系统支持的 OUI 地址、OUI 地址掩码和描述信息。

```
[DeviceA] display voice-vlan mac-address
OUI Address     Mask            Description
0001-e300-0000  ffff-ff00-0000  Siemens phone
0003-6b00-0000  ffff-ff00-0000  Cisco phone
0004-0d00-0000  ffff-ff00-0000  Avaya phone
000f-e200-0000  ffff-ff00-0000  H3C Aolynk phone
0011-1100-0000  ffff-ff00-0000  IP phone A
0011-2200-0000  ffff-ff00-0000  IP phone B
0060-b900-0000  ffff-ff00-0000  Philips/NEC phone
00d0-1e00-0000  ffff-ff00-0000  Pingtel phone
00e0-7500-0000  ffff-ff00-0000  Polycom phone
00e0-bb00-0000  ffff-ff00-0000  3Com phone
```

显示当前 Voice VLAN 的状态。

```
[DeviceA] display voice-vlan state
 Current voice VLANs: 2
 Voice VLAN security mode: Security
 Voice VLAN aging time: 30 minutes
 Voice VLAN enabled ports and their modes:
 Port                        VLAN        Mode        CoS         DSCP
 GE1/0/1                     2           Auto        6           46
```

```
GE1/0/2                     3           Auto        6           46
```

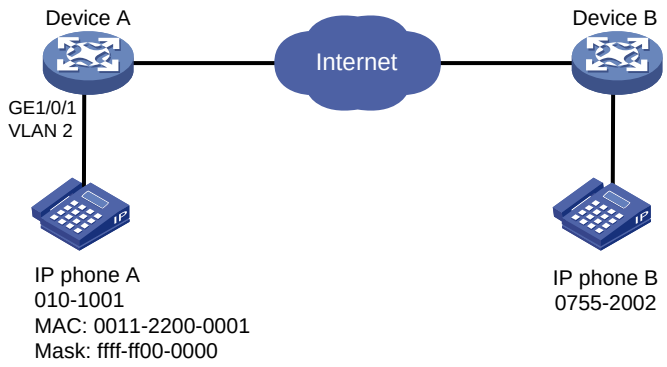
3.9.2 手动模式下Voice VLAN的配置举例

1. 组网需求

- IP Phone A 接入 Device A 的 Hybrid 类型端口 GigabitEthernet1/0/1。IP Phone A 发出的报文为 Untagged 报文。
- Device A 上 VLAN 2 为 Voice VLAN。
- 手工将 Device A 的端口 GigabitEthernet1/0/1 工作加入 Voice VLAN，其 PVID 为 VLAN 2，添加 OUI 地址 0011-2200-0000，使该端口专用于传输语音报文。

2. 组网图

图3-5 配置手动模式下 Voice VLAN 组网图



3. 配置步骤

配置 Voice VLAN 为安全模式，使得 Voice VLAN 端口只允许合法的语音报文通过。（可选，缺省情况下，Voice VLAN 工作在安全模式）

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] voice-vlan security enable
```

配置允许 OUI 地址为 0011-2200-0000 的报文通过 Voice VLAN，即报文源 MAC 地址前缀为 0011-2200-0000 时，Device A 会把它当成语音报文来处理。

```
[DeviceA] voice-vlan mac-address 0011-2200-0001 mask ffff-ff00-0000 description test
```

创建 VLAN 2。

```
[DeviceA] vlan 2
[DeviceA-vlan2] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 工作在手动模式。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] undo voice-vlan mode auto
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Hybrid 类型。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
```

配置 Voice VLAN 是端口 GigabitEthernet1/0/1 的 PVID，且在该端口允许通过的 Untagged VLAN 列表中。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid pvid vlan 2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 2 untagged
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/1 的 Voice VLAN 功能。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] voice-vlan 2 enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

4. 验证配置

显示当前系统支持的 OUI 地址、OUI 地址掩码和描述信息。

```
[DeviceA] display voice-vlan mac-address
OUI Address     Mask            Description
0001-e300-0000  ffff-ff00-0000  Siemens phone
0003-6b00-0000  ffff-ff00-0000  Cisco phone
0004-0d00-0000  ffff-ff00-0000  Avaya phone
000f-e200-0000  ffff-ff00-0000  H3C Aolynk phone
0011-2200-0000  ffff-ff00-0000  test
0060-b900-0000  ffff-ff00-0000  Philips/NEC phone
00d0-1e00-0000  ffff-ff00-0000  Pingtel phone
00e0-7500-0000  ffff-ff00-0000  Polycom phone
00e0-bb00-0000  ffff-ff00-0000  3Com phone
```

显示当前 Voice VLAN 的状态。

```
[DeviceA] display voice-vlan state
 Current voice VLANs: 1
 Voice VLAN security mode: Security
 Voice VLAN aging time: 1440 minutes
 Voice VLAN enabled ports and their modes:
 Port                        VLAN        Mode        CoS         DSCP
 GE1/0/1                     2           Manual      6           46
```

目 录

1 MVRP

1.1 MVRP简介

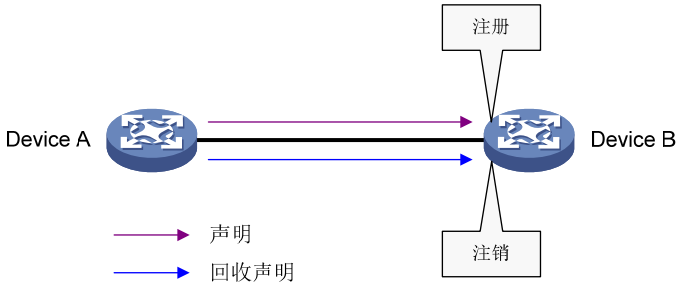
MRP（Multiple Registration Protocol，多属性注册协议）作为一个属性注册协议的载体，可以用来传递属性信息。MVRP（Multiple VLAN Registration Protocol，多 VLAN 注册协议）是 MRP 的一种应用，用于在设备间发布并学习 VLAN 配置信息。通过 MVRP，局域网中的设备可以自动同步 VLAN 信息，极大地减少了网络管理员的 VLAN 配置工作。

1.1.1 MRP实现机制

设备上每一个参与协议的端口都可以视为一个应用实体。当 MRP 应用（如 MVRP）在端口上启动之后，该端口就可视为一个 MRP 应用实体（以下简称 MRP 实体，同样的，MVRP 应用实体简称 MVRP 实体）。

如 图 1-1 所示，MRP实体通过发送声明类或回收声明类消息（以下简称声明和回收声明），来通知其他MRP实体注册或注销自己的属性信息，并根据其他MRP实体发来的声明或回收声明来注册或注销对方的属性信息。通过MRP机制，一个MRP实体上的配置信息会迅速传遍整个局域网。

图1-1 MRP 实现机制示意图



以通过 MVRP 实现 VLAN 注册和注销为例，MRP 的属性注册和注销过程如下：

- 当端口收到一个 VLAN 的声明时，该端口将注册该声明中的 VLAN（该端口将加入到该 VLAN 中）。
- 当端口收到一个 VLAN 的回收声明时，该端口将注销该声明中的 VLAN（该端口将退出该 VLAN）。

MRP支持在MSTI（Multiple Spanning Tree Instance，多生成树实例）的基础上，协助同一局域网内各成员之间传递属性信息。图 1-1 可以看作是MRP协议在某个MSTI上的实现机制，属于比较简单的一种情况，在实际应用的复杂组网情况下，可能存在多个MSTI，而属性的注册和注销只会在各自的MSTI上进行。有关MSTI的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“生成树”。

1.1.2 MRP消息

MRP 消息主要包括 Join 消息、New 消息、Leave 消息和 LeaveAll 消息，它们通过互相配合来实现信息的注册或注销。其中，Join 消息和 New 消息属于声明，Leave 消息和 LeaveAll 消息属于回收声明。

1. Join消息

当一个 MRP 实体配置了某些属性，需要对端实体来注册自己的属性信息时，它会向对端实体发送 Join 消息。

当一个 MRP 实体收到来自对端实体的 Join 消息时，它会注册该 Join 消息中的属性，并向本设备的其他实体传播该 Join 消息，其他实体收到传播的 Join 消息后，向其对端实体发送 Join 消息。

MRP 实体间发送的 Join 消息又分为 JoinEmpty 和 JoinIn 两种（对于同一设备的实体间传播的 Join 消息则不做区分），二者的区别如下：

- JoinEmpty：用于声明 MRP 实体的非注册属性。比如一个 MRP 实体加入了某静态 VLAN（我们将本地手工创建的 VLAN 称为静态 VLAN，通过 MRP 消息学习并创建的 VLAN 称为动态 VLAN），此时若该实体还没有通过 MRP 消息注册该 VLAN，这时该实体向对端实体发送的 Join 消息就为 JoinEmpty 消息。
- JoinIn：用于声明 MRP 实体的注册属性。比如 MRP 实体加入了某静态 VLAN 且通过 MRP 消息注册了该 VLAN，或该实体收到本设备其他实体传播的某 VLAN 的 Join 信息且通过 MRP 消息注册了该 VLAN，这时该实体向对端实体发送的 Join 消息就为 JoinIn 消息。

2. New消息

New 消息的作用和 Join 消息比较类似，都是用于对属性的声明。不同的是，New 消息主要用于 MSTP（Multiple Spanning Tree Protocol，多生成树协议）拓扑变化的情况。

- 当 MSTP 拓扑变化时，MRP 实体需要向对端实体发送 New 消息声明拓扑变化。
- 当一个 MRP 实体收到来自对端实体的 New 消息时，它会注册该 New 消息中的属性，并向本设备的其他实体传播该 New 消息，其他实体收到传播的 New 消息后，向其对端实体发送该 New 消息。

3. Leave消息

当一个 MRP 实体注销了某些属性，需要对端实体进行同步注销时，它会向对端实体发送 Leave 消息。

当一个 MRP 实体收到来自对端实体的 Leave 消息时，它会注销该 Leave 消息中的属性，并向本设备的其他实体传播该 Leave 消息，其他实体收到传播的 Leave 消息后，根据该 Leave 消息中的属性在本设备上的状态，决定是否向其对端实体发送该 Leave 消息（比如该 Leave 消息中的属性为某 VLAN，若该 VLAN 为动态 VLAN，且本设备上无实体注册该 VLAN，则在设备上删除该 VLAN，并向对端实体发送该 Leave 消息；若该 VLAN 为静态 VLAN，则不向对端实体发送该 Leave 消息）。

4. LeaveAll消息

每个 MRP 实体启动时都会启动各自的 LeaveAll 定时器，当该定时器超时后，MRP 实体就会向对端实体发送 LeaveAll 消息。

当一个 MRP 实体收发 LeaveAll 消息时，它会启动 Leave 定时器，同时根据自身的属性状态决定是否发送 Join 消息要求对端实体重新注册某属性。该实体在 Leave 定时器超时前，重新注册收到的

来自对端实体的 Join 消息中的属性；在 Leave 定时器超时后，注销所有未重新注册的属性信息，从而周期性地清除网络中的垃圾属性。

1.1.3 MRP定时器

MRP 定义了四种定时器，用于控制各种 MRP 消息的发送。

1. Periodic定时器

每个 MRP 实体启动时都会启动各自的 Periodic 定时器，来控制 MRP 消息的周期发送。该定时器超时前，实体收集需要发送的 MRP 消息，在该定时器超时后，将所有待发送的 MRP 消息封装成尽可能少的报文发送出去，这样减少了报文发送数量。随后再重新启动 Periodic 定时器，开始新一轮的循环。


说明

Periodic 定时器允许用户通过命令行开启或关闭。如果关闭 Periodic 定时器，则 MRP 实体不再周期发送 MRP 消息，仅在 LeaveAll 定时器超时或收到来自对端实体的 LeaveAll 消息的情况下会发送 MRP 消息。

2. Join定时器

Join 定时器用来控制 Join 消息的发送。为了保证消息能够可靠地发送到对端实体，MRP 实体在发送 Join 消息时，将启动 Join 定时器。如果在该定时器超时前收到了来自对端实体的 JoinIn 消息，且该 JoinIn 消息中的属性与发出的 Join 消息中的属性一致，便不再重发该 Join 消息，否则在该定时器超时后，当 Periodic 定时器也超时，它将重发一次该 Join 消息。

3. Leave定时器

Leave 定时器用来控制属性的注销。当 MRP 实体收到来自对端实体的 Leave 消息（或收发 LeaveAll 消息）时，将启动 Leave 定时器。如果在该定时器超时前，收到来自对端实体的 Join 消息，且该 Join 消息中的属性与收到的 Leave 消息中的属性一致（或与收发的 LeaveAll 消息中的某些属性一致），则这些属性不会在本实体被注销，其他属性则会在该定时器超时后被注销。

4. LeaveAll定时器

每个 MRP 实体启动时都会启动各自的 LeaveAll 定时器，当该定时器超时后，该实体就会向对端实体发送 LeaveAll 消息，随后再重新启动 LeaveAll 定时器，开始新一轮的循环，对端实体在收到 LeaveAll 消息后也重新启动 LeaveAll 定时器。


说明

LeaveAll 定时器具有抑制机制，即当某个 MRP 实体的 LeaveAll 定时器超时后，会向对端实体发送 LeaveAll 消息，对端实体在收到 LeaveAll 消息时，重启本实体的 LeaveAll 定时器，从而有效抑制网络中的 LeaveAll 消息数。为了防止每次都是同一实体的 LeaveAll 定时超时，每次 LeaveAll 定时器重启时，LeaveAll 定时器的值都将在一定范围内随机变动。

1.1.4 MVRP注册模式

MVRP 传递的 VLAN 配置信息既包括本地手工配置的静态信息，也包括来自其他设备的动态信息。MVRP 有三种注册模式，不同注册模式对动态 VLAN 的处理方式有所不同。

- Normal 模式：该模式下的 MVRP 实体允许进行动态 VLAN 的注册或注销。
- Fixed 模式：该模式下的 MVRP 实体禁止进行动态 VLAN 的注销，收到的 MVRP 报文会被丢弃。也就是说，在该模式下，实体已经注册的动态 VLAN 是不会被注销的，同时也不会注册新的动态 VLAN。
- Forbidden 模式：该模式下的 MVRP 实体禁止进行动态 VLAN 的注册，收到的 MVRP 报文会被丢弃。也就是说，在该模式下，实体不会注册新的动态 VLAN，一旦在配置该模式前注册的动态 VLAN 被注销后，不会重新进行注册。

1.1.5 协议规范

与 MVRP 相关的协议规范有：

- IEEE 802.1ak：IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks – Amendment 07：Multiple Registration Protocol

1.2 MVRP配置限制和指导

配置 MVRP 时，需要注意：

- MVRP 功能只能与 STP、RSTP 或 MSTP 配合使用，而无法与其他二层网络拓扑协议（如 PVST、RRPP 和 Smart Link）同时配置。MVRP 报文的收发不受 STP/RSTP/MSTP 阻塞端口影响。有关 STP、RSTP、MSTP 和 PVST 的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“生成树”；有关 RRPP 的详细介绍，请参见“可靠性配置指导”中的“RRPP”；有关Smart Link的详细介绍，请参见“可靠性配置指导”中的“Smart Link”。
- 建议不要同时启用远程端口镜像功能和 MVRP 功能，否则 MVRP 可能将远程镜像 VLAN 注册到错误的端口上，导致镜像目的端口会收到很多不必要的报文。有关远程端口镜像的详细介绍，请参见“网络管理和监控配置指导”中的“镜像”。
- 在二层聚合接口上启用了 MVRP 功能后，会同时在二层聚合接口和对应的所有选中成员端口上进行动态 VLAN 的注册或注销。
- 如果二层以太网接口加入了聚合组，则加入聚合组之前和加入聚合组之后在该接口上进行的 MVRP 相关配置不会生效，该接口退出聚合组后，MVRP 的配置才会生效。

1.3 MVRP配置任务简介

MVRP 配置任务如下：

(1) 开启MVRP功能

(2) 配置MVRP注册模式

(3) （可选）配置MRP定时器

(4) （可选）配置MVRP兼容GVRP

1.4 MVRP配置准备

- 由于 MVRP 需要基于 MSTI 运行，因此在配置 MVRP 时，需要保证当前网络内所有 MSTI 都生效，即网络中设备都需要至少存在一个 MSTI 对应的 VLAN 以保证 MSTI 能够生效。
- MVRP 功能只能在 Trunk 端口上生效，因此需要保证 MVRP 实体的端口链路类型为 Trunk 类型。有关 Trunk 端口的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“VLAN”。

1.5 开启MVRP功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局开启 MVRP 功能。

mvrp global enable

缺省情况下，全局的 MVRP 功能处于关闭状态。

要使端口上的 MVRP 功能生效，必须全局开启 MVRP 功能。

(3) 进入二层以太网接口或二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 配置端口的链路类型为 Trunk 类型。

port link-type trunk

缺省情况下，端口的链路类型为 Access 类型。

有关 **port link-type trunk** 命令的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换命令参考”中的“VLAN”。

(5) 配置允许指定的 VLAN 通过当前 Trunk 端口。

port trunk permit vlan { *vlan-id-list* | **all** }

缺省情况下，Trunk 端口只允许 VLAN 1 通过。

需要保证所有注册的 VLAN 都能够从该端口通过。

有关 **port trunk permit vlan** 命令的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换命令参考”中的“VLAN”。

(6) 在端口上开启 MVRP 功能。

mvrp enable

缺省情况下，端口上的 MVRP 功能处于关闭状态。

1.6 配置MVRP注册模式

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口或二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的 MVRP 注册模式。

mvrp registration { **fixed** | **forbidden** | **normal** }

缺省情况下，当前端口的 MVRP 端口注册模式为 Normal 模式。

1.7 配置MRP定时器

1. 配置限制和指导

如 表 1-1 所示，为保证MVRP的正常运行，Join定时器、Leave定时器和LeaveAll定时器的正确取值范围间存在着相互依赖的关系，当配置某定时器时，如果配置值超出了该定时器当前正确的取值范围，则该配置属于错误配置。用户可以通过改变相关定时器的值（必须是 20 厘秒的倍数）来重新进行配置。

表1-1 Join 定时器、Leave 定时器和 LeaveAll 定时器正确取值范围间的依赖关系

定时器	取值下限	取值上限
Join定时器	20厘秒	小于Leave定时器值的一半
Leave定时器	大于Join定时器值的两倍	小于LeaveAll定时器的值
LeaveAll定时器	大于所有端口上Leave定时器的值	32760厘秒

配置 MRP 定时器时，需要注意：

- MRP 定时器的值建议全网一致，否则会出现 VLAN 频繁注册/注销的情况。
- 设备的每个端口上都独立维护自己的 Periodic 定时器、Join 定时器和 LeaveAll 定时器，而每个端口的每个属性上分别维护着一个 Leave 定时器。
- 当用户欲恢复各定时器的值为缺省值时，建议按照 Join 定时器->Leave 定时器->LeaveAll 定时器的顺序依次恢复。
- Periodic 定时器的值可以在任何时刻恢复为缺省值。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口或二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置 LeaveAll 定时器的值。

mrp timer leaveall *timer-value*

缺省情况下，LeaveAll 定时器的值为 1000 厘秒。

(4) 配置 Join 定时器的值。

mrp timer join *timer-value*

缺省情况下，Join 定时器的值为 20 厘秒。

(5) 配置 Leave 定时器的值。

mrp timer leave *timer-value*

缺省情况下，Leave 定时器的值为 60 厘秒。

(6) 配置 Periodic 定时器的值。

mrp timer periodic *timer-value*

缺省情况下，Periodic 定时器的值为 100 厘秒。

1.8 配置MVRP兼容GVRP

1. 功能简介

MVRP 允许兼容 GVRP（GARP VLAN Registration Protocol，GARP VLAN 注册协议）。当有邻接设备支持 GVRP 功能时，可以通过配置 MVRP 兼容 GVRP，允许本设备同时收发 MVRP 和 GVRP 报文。有关 GVRP 的详细介绍，请参见相关协议规范 IEEE 802.1Q。

2. 配置限制和指导

配置 MVRP 兼容 GVRP 时，需要注意：

- 在配置 MVRP 兼容 GVRP 后，MVRP 功能只能与 STP 或 RSTP 配合使用，而不能与 MSTP 配合使用，否则可能会造成网络工作的不正常。
- 在配置 MVRP 兼容 GVRP 后，建议关闭 Periodic 定时器，否则当系统繁忙时，容易造成 VLAN 状态的频繁改变。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 MVRP 兼容 GVRP。

mvrp gvrp-compliance enable

缺省情况下，MVRP 不兼容 GVRP。

1.9 MVRP显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 MVRP 的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除 MVRP 的统计信息。

表1-2 MVRP 显示和维护

操作	命令
显示MVRP运行状态信息	**display mvrp running-status** [**interface** *interface-list*]
显示端口在指定VLAN内的MVRP接口状态信息	**display mvrp state interface** *interface-type interface-number* **vlan** *vlan-id*
显示MVRP统计信息	**display mvrp statistics** [**interface** *interface-list*]
清除端口上的MVRP统计信息	**reset mvrp statistics** [**interface** *interface-list*]

1.10 MVRP典型配置举例

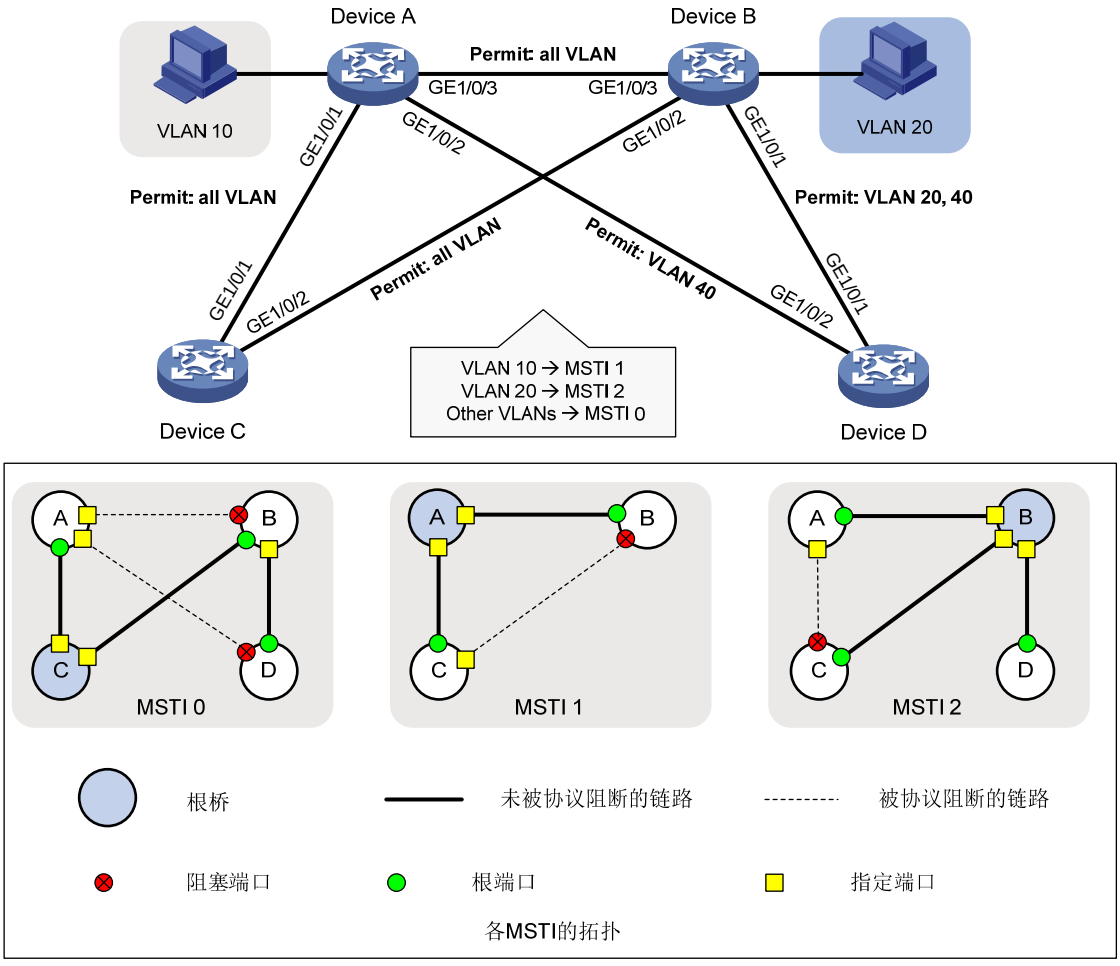
1.10.1 MVRP基本组网配置举例

1. 组网需求

- 设备A上创建了VLAN 10、设备B上创建了VLAN 20，各台设备上各个端口允许通过的VLAN如 图 1-2 所示。
- 通过配置 MSTP，使不同 VLAN 的报文按照不同的 MSTI 转发：VLAN 10 的报文沿 MSTI 1 转发，VLAN 20 沿 MSTI 2 转发，其他 VLAN 沿 MSTI 0 转发。
- 通过启用 MVRP 功能，并配置 MVRP 的注册模式为 Normal 模式，来实现 Device A、Device B、Device C 和 Device D 之间的所有动态 VLAN 的注册和注销，从而保持各 MSTI 中 VLAN 配置的一致。
- 在网络稳定后，配置 Device B 上与 Device A 相连端口的 MVRP 注册模式为 Fixed 模式，使该端口注册的动态 VLAN 不被注销。

2. 组网图

图1-2 MVRP 配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Device A

进入 MST 域视图。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] stp region-configuration
```

配置 MST 域的域名、VLAN 映射关系和修订级别。

```
[DeviceA-mst-region] region-name example
[DeviceA-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceA-mst-region] instance 2 vlan 20
[DeviceA-mst-region] revision-level 0
```

手工激活 MST 域的配置。

```
[DeviceA-mst-region] active region-configuration
[DeviceA-mst-region] quit
```

定义 Device A 为 MSTI 1 的根桥。

```
[DeviceA] stp instance 1 root primary
```

全局开启生成树协议。

```
[DeviceA] stp global enable
```

全局开启 MVRP 功能。

```
[DeviceA] mvrp global enable
```

将端口 GigabitEthernet1/0/1 配置为 Trunk 口，并允许所有 VLAN 通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan all
```

在端口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 MVRP。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] mvrp enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/2 配置为 Trunk 口，并允许 VLAN 40 通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 40
```

在端口 GigabitEthernet1/0/2 上开启 MVRP。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] mvrp enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/3 配置为 Trunk 口，并允许所有 VLAN 通过。

```
[DeviceA] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port link-type trunk
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] port trunk permit vlan all
```

在端口 GigabitEthernet1/0/3 上开启 MVRP。

```
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] mvrp enable
[DeviceA-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

创建 VLAN 10。

```
[DeviceA] vlan 10
[DeviceA-vlan10] quit
```

(2) 配置 Device B

进入 MST 域视图。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] stp region-configuration
```

配置 MST 域的域名、VLAN 映射关系和修订级别。

```
[DeviceB-mst-region] region-name example
[DeviceB-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceB-mst-region] instance 2 vlan 20
[DeviceB-mst-region] revision-level 0
```

手工激活 MST 域的配置。

```
[DeviceB-mst-region] active region-configuration
[DeviceB-mst-region] quit
```

定义 Device B 为 MSTI 2 的根桥。

```
[DeviceB] stp instance 2 root primary
```

全局开启生成树协议。

```
[DeviceB] stp global enable
```

开启全局 MVRP 功能。

```
[DeviceB] mvrp global enable
```

将端口 GigabitEthernet1/0/1 配置为 Trunk 口，并允许 VLAN 20、VLAN 40 通过。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 20 40
```

在端口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 MVRP。

```
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] mvrp enable
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/2 配置为 Trunk 口，并允许所有 VLAN 通过。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan all
```

在端口 GigabitEthernet1/0/2 上开启 MVRP。

```
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] mvrp enable
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/3 配置为 Trunk 口，并允许所有 VLAN 通过。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port link-type trunk
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] port trunk permit vlan all
```

在端口 GigabitEthernet1/0/3 上开启 MVRP。

```
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] mvrp enable
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

创建 VLAN 20。

```
[DeviceB] vlan 20
[DeviceB-vlan20] quit
```

(3) 配置 Device C

进入 MST 域视图。

```
<DeviceC> system-view
```

```
[DeviceC] stp region-configuration
```
配置 MST 域的域名、VLAN 映射关系和修订级别。
```
[DeviceC-mst-region] region-name example
[DeviceC-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceC-mst-region] instance 2 vlan 20
[DeviceC-mst-region] revision-level 0
```
手工激活 MST 域的配置。
```
[DeviceC-mst-region] active region-configuration
[DeviceC-mst-region] quit
```
定义 Device C 为 MSTI 0 的根桥。
```
[DeviceC] stp instance 0 root primary
```
全局开启生成树协议。
```
[DeviceC] stp global enable
```
全局开启 MVRP 功能。
```
[DeviceC] mvrp global enable
```
将端口 GigabitEthernet1/0/1 配置为 Trunk 口，并允许所有 VLAN 通过。
```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan all
```
在端口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 MVRP。
```
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] mvrp enable
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/1] quit
```
将端口 GigabitEthernet1/0/2 配置为 Trunk 口，并允许所有 VLAN 通过。
```
[DeviceC] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan all
```
在端口 GigabitEthernet1/0/2 上开启 MVRP。
```
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] mvrp enable
[DeviceC-GigabitEthernet1/0/2] quit
```
(4) 配置 Device D

进入 MST 域视图。
```
<DeviceD> system-view
[DeviceD] stp region-configuration
```
配置 MST 域的域名、VLAN 映射关系和修订级别。
```
[DeviceD-mst-region] region-name example
[DeviceD-mst-region] instance 1 vlan 10
[DeviceD-mst-region] instance 2 vlan 20
[DeviceD-mst-region] revision-level 0
```
手工激活 MST 域的配置。
```
[DeviceD-mst-region] active region-configuration
[DeviceD-mst-region] quit
```
全局开启生成树协议。
```
[DeviceD] stp global enable
```
全局开启 MVRP 功能。

```
[DeviceD] mvrp global enable
```

将端口 GigabitEthernet1/0/1 配置为 Trunk 口，并允许 VLAN 20，40 通过。

```
[DeviceD] interface gigabitethernet 1/0/1
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 20 40
```

在端口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 MVRP。

```
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/1] mvrp enable
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

将端口 GigabitEthernet1/0/2 配置为 Trunk 口，并允许 VLAN 40 通过。

```
[DeviceD] interface gigabitethernet 1/0/2
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 40
```

在端口 GigabitEthernet1/0/2 上开启 MVRP。

```
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/2] mvrp enable
[DeviceD-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

4. 验证配置

(1) 验证 Normal 注册模式配置

通过使用 **display mvrp running-status** 命令可以查看 MVRP 本地 VLAN 的信息，验证配置是否生效。

查看 Device A 上的本地 VLAN 信息。

```
[DeviceA] display mvrp running-status
 -------[MVRP Global Info]-------
 Global Status     : Enabled
 Compliance-GVRP   : False

 ----[GigabitEthernet1/0/1]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default)
 Declared VLANs :
  1(default), 10, 20
 Propagated VLANs :
  1(default)

 ----[GigabitEthernet1/0/2]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
```

```
 LeaveAll Timer                : 1000 (centiseconds)
 Registration Type             : Normal
 Registered VLANs :
  None
 Declared VLANs :
  1(default)
 Propagated VLANs :
  None

 ----[GigabitEthernet1/0/3]----
 Config  Status                : Enabled
 Running Status                : Enabled
 Join Timer                    : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                   : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                : 1000 (centiseconds)
 Registration Type             : Normal
 Registered VLANs :
  20
 Declared  VLANs :
  1(default), 10
 Propagated VLANs :
  20
```

由此可见，端口 GigabitEthernet1/0/1 注册了 VLAN 1，向外声明了 VLAN 1、VLAN 10 和 VLAN 20，传播了 VLAN 1。端口 GigabitEthernet1/0/2 没有注册任何 VLAN，向外声明了 VLAN 1，没有传播 VLAN。端口 GigabitEthernet1/0/3 注册了 VLAN 20，向外声明了 VLAN 1 和 VLAN 10，传播了 VLAN 20。

查看 Device B 上的本地 VLAN 信息。

```
[DeviceB] display mvrp running-status
 -------[MVRP Global Info]-------
 Global Status     : Enabled
 Compliance-GVRP   : False

 ----[GigabitEthernet1/0/1]----
 Config  Status                : Enabled
 Running Status                : Enabled
 Join Timer                    : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                   : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                : 1000 (centiseconds)
 Registration Type             : Normal
 Registered VLANs :
  1(default)
 Declared VLANs :
  1(default), 20
 Propagated VLANs :
  1(default)
```

```
 ----[GigabitEthernet1/0/2]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default), 10
 Declared VLANs :
  1(default), 20
 Propagated VLANs :
  1(default)

 ----[GigabitEthernet1/0/3]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default), 10
 Declared VLANs :
  20
 Propagated VLANs :
  10
```

由此可见，端口 GigabitEthernet1/0/1 注册了 VLAN 1，向外声明了 VLAN 1 和 VLAN 20，传播了 VLAN 1。端口 GigabitEthernet1/0/2 注册了 VLAN 1 和 VLAN 10，向外声明了 VLAN 1 和 VLAN 20，传播了 VLAN 1。端口 GigabitEthernet1/0/3 注册了 VLAN 1 和 VLAN 10，向外声明了 VLAN 20，传播了 VLAN 10。

查看 Device C 上的本地 VLAN 信息。

```
[DeviceC] display mvrp running-status
 -------[MVRP Global Info]-------
 Global Status     : Enabled
 Compliance-GVRP   : False

 ----[GigabitEthernet1/0/1]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
```

```
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default), 10, 20
 Declared VLANs :
  1(default)
 Propagated VLANs :
  1(default), 10

 ----[GigabitEthernet1/0/2]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default), 20
 Declared VLANs :
  1(default), 10
 Propagated VLANs :
  1(default), 20
```

由此可见，端口 GigabitEthernet1/0/1 注册了 VLAN 1、VLAN 10 和 VLAN 20，向外声明了 VLAN 1，传播了 VLAN 1 和 VLAN 10。端口 GigabitEthernet1/0/2 注册了 VLAN 1 和 VLAN 20，向外声明了 VLAN 1 和 VLAN 10，传播了 VLAN 1 和 VLAN 20。

查看 Device D 上的本地 VLAN 信息。

```
[DeviceD] display mvrp running-status
 -------[MVRP Global Info]-------
 Global Status     : Enabled
 Compliance-GVRP   : False

 ----[GigabitEthernet1/0/1]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default), 20
 Declared VLANs :
  1(default)
 Propagated VLANs :
  1(default), 20

 ----[GigabitEthernet1/0/2]----
 Config  Status                 : Enabled
```

```
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Normal
 Registered VLANs :
  1(default)
 Declared  VLANs :
  None
 Propagated VLANs :
  None
```

由此可见，端口 GigabitEthernet1/0/1 注册并传播了 VLAN 10 和 VLAN 20，向外声明 VLAN 1。端口 GigabitEthernet1/0/2 注册了 VLAN 1，没有向外声明和传播 VLAN。

(2) 更改注册模式并验证

配置 Device B 上端口 GigabitEthernet1/0/3 的 MVRP 注册模式为 Fixed 模式，使其注册的动态 VLAN 不被注销。

配置端口 GigabitEthernet1/0/3 的 MVRP 注册模式为 Fixed 模式。

```
[DeviceB] interface gigabitethernet 1/0/3
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] mvrp registration fixed
[DeviceB-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

查看 Device B 的端口 GigabitEthernet1/0/3 上 MVRP 本地 VLAN 的信息。

```
[DeviceB] display mvrp running-status interface gigabitethernet 1/0/3
 -------[MVRP Global Info]-------
 Global Status     : Enabled
 Compliance-GVRP   : False

 ----[GigabitEthernet1/0/3]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Fixed
 Registered VLANs :
  1(default), 10
 Declared VLANs :
  20
 Propagated VLANs :
  10
```

由此可见，此时端口 GigabitEthernet1/0/3 上的 VLAN 信息与没有配置 Fixed 模式时的 VLAN 信息相同。

在 Device A 上删除 VLAN 10。

```
[DeviceA] undo vlan 10
```

查看 Device B 的端口 GigabitEthernet1/0/3 上 MVRP 本地 VLAN 的信息。

```
[DeviceB] display mvrp running-status interface gigabitethernet 1/0/3
 -------[MVRP Global Info]-------
 Global Status     : Enabled
 Compliance-GVRP   : False

 ----[GigabitEthernet1/0/3]----
 Config  Status                 : Enabled
 Running Status                 : Enabled
 Join Timer                     : 20 (centiseconds)
 Leave Timer                    : 60 (centiseconds)
 Periodic Timer                 : 100 (centiseconds)
 LeaveAll Timer                 : 1000 (centiseconds)
 Registration Type              : Fixed
 Registered VLANs :
  1(default), 10
 Declared VLANs :
  20
 Propagated VLANs :
  10
```

由此可见，端口 GigabitEthernet1/0/3 配置 Fixed 模式后，该端口注册的动态 VLAN 信息不会发生变化。

目 录

1 QinQ

1.1 QinQ简介

QinQ 是 802.1Q in 802.1Q 的简称，是基于 IEEE 802.1Q 技术的一种比较简单的二层 VPN（Virtual Private Network，虚拟专用网络）协议。QinQ 通过将一层 VLAN Tag 封装到私网报文上，使其携带两层 VLAN Tag 穿越运营商的骨干网络（又称公网），从而使运营商能够利用一个 VLAN 为包含多个 VLAN 的用户网络提供服务。QinQ 最多可以提供 4094×4094 个 VLAN，满足了城域网对 VLAN 数量的需求。

1.1.1 QinQ的优点

QinQ 具备以下优点：

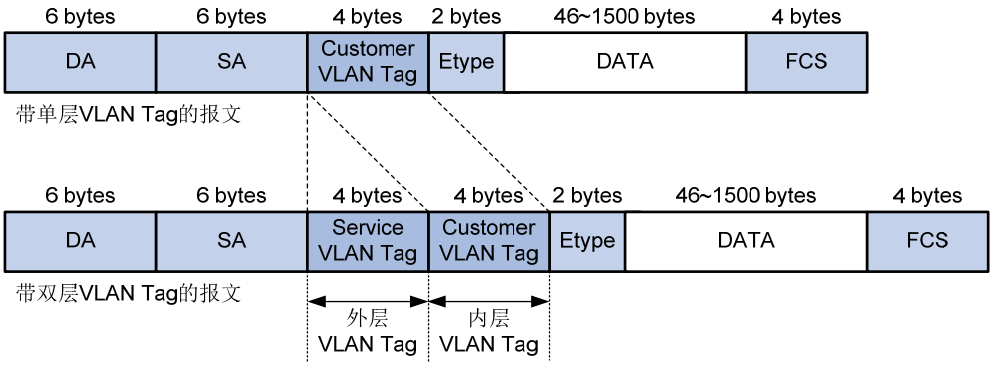
- 缓解公网 VLAN 资源日益紧缺的问题。
- 用户可以规划自己的私网 VLAN，不会导致与公网 VLAN 冲突。
- 为用户提供了一种简单、灵活的二层 VPN 解决方案。
- 当运营商进行 VLAN 规划时，用户网络不必更改原有配置，使用户网络具有了较强的独立性。

1.1.2 QinQ的工作原理

如 图 1-1 所示，QinQ报文在运营商网络中传输时带有双层VLAN Tag：

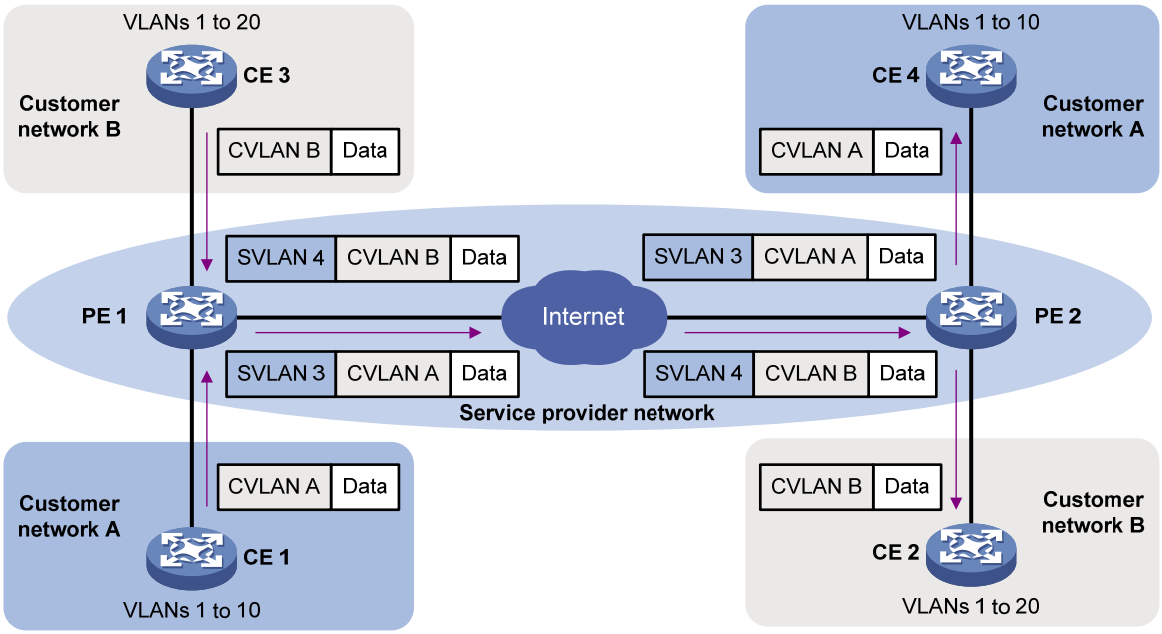
- 内层 VLAN Tag：为用户的私网 VLAN Tag，对应图中的 Customer VLAN Tag（简称 CVLAN）。设备依靠该 Tag 在私网中传送报文。
- 外层 VLAN Tag：为运营商分配给用户的公网 VLAN Tag，对应图中的 Service VLAN Tag（简称 SVLAN）。设备依靠该 Tag 在公网中传送 QinQ 报文。

图1-1 QinQ 的报文结构



在公网的传输过程中，设备只根据外层 VLAN Tag 转发报文，而内层 VLAN Tag 将被当作报文的数据部分进行传输。

图1-2 QinQ 典型应用组网图



如 图 1-2 所示，用户网络A和B的私网VLAN分别为VLAN 1～10 和VLAN 1～20。运营商为用户网络A和B分配的公网VLAN分别为VLAN 3 和VLAN 4。

(1) 当用户网络 A 和 B 中带私网 VLAN Tag 的报文进入运营商网络时，报文外面就会被分别封装上 VLAN 3 和 VLAN 4 的公网 VLAN Tag。

(2) 来自不同用户网络的报文在运营商网络中传输时被隔离，即使这些用户网络各自的 VLAN 范围存在重叠，因为分配到的公网 VLAN 不同，在运营商网络中传输时也不会产生冲突。

(3) 当报文穿过运营商网络，到达运营商网络另一侧 PE（Provider Edge，服务提供商网络边缘）设备后，报文被剥离公网 VLAN Tag，然后再传送给用户网络的 CE（Customer Edge，用户网络边缘）设备。

1.1.3 QinQ的实现方式

当端口上配置了 QinQ 功能后，不论从该端口收到的报文是否带有 VLAN Tag，设备都会为该报文添加本端口 PVID 的 Tag：

- 如果收到的是带有 VLAN Tag 的报文，该报文就成为带两层 Tag 的报文。
- 如果收到的是不带 VLAN Tag 的报文，该报文就成为带有本端口 PVID 的 Tag 的报文。

QinQ 功能是以端口来划分用户或用户网络，但当多个不同用户以不同的 VLAN 接入到同一个端口时则无法区分用户。如果需要为不同用户的 VLAN 的报文添加不同的外层 VLAN Tag，可以通过 VLAN 映射或 QoS Nest 功能实现。

- 为不同内层 VLAN Tag 的报文添加不同的外层 VLAN Tag，建议使用 1:2 VLAN 映射功能。
- 如果运营商网络需要使用 VLAN ID 之外的匹配条件更灵活的匹配用户网络报文，或在为报文添加外层 VLAN Tag 时，需要同时配置其它流行为，请使用 QoS Nest 功能。

有关 VLAN 映射的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“VLAN 映射”。有关 QoS 的详细介绍，请参见“ACL 和 QoS 配置指导”中的“QoS”。

1.1.4 协议规范

与 QinQ 相关的协议规范有：

- IEEE 802.1Q：IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Virtual Bridged Local Area Networks
- IEEE 802.1ad：IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Virtual Bridged Local Area Networks-Amendment 4: Provider Bridges

1.2 QinQ与硬件适配关系

S5000E-X、S5110V2-SI 与 S5000V3-EI 系列交换机不支持配置 QinQ 相关功能。

1.3 QinQ配置限制和指导

QinQ 功能应在 PE 设备的用户网络侧接口上进行配置。

配置 QinQ 功能时，需要注意：

- QinQ 为报文加上外层 VLAN Tag 后，内层 VLAN Tag 将被当作报文的数据部分进行传输，报文长度将增加 4 个字节。因此建议用户适当增加 QinQ 报文传输路径上各接口的 MTU（Maximum Transmission Unit，最大传输单元）值（至少为 1504 字节）。
- 若用户同时通过配置 QinQ 和 VLAN 映射或 QoS 策略来添加报文的 VLAN Tag，且配置冲突时，按如下优先顺序配置生效：VLAN 映射->QinQ->QoS 策略。

1.4 开启QinQ功能

1. 功能简介

开启了 QinQ 功能的端口将为其收到的报文添加该端口 PVID 的 Tag。

2. 配置限制和指导

开启或关闭 QinQ 功能之前，要先清除已有的 VLAN 映射表项。有关 VLAN 映射的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“VLAN 映射”。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口或二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的链路类型。

port link-type { **access** | **hybrid** | **trunk** }

缺省情况下，端口的链路类型为 Access。

(4) 配置端口允许 PVID 的报文通过。请根据端口的链路类型选择其中一项进行配置。

- 配置 Access 端口的所属 VLAN。

  port access vlan *vlan-id*

  缺省情况下，所有 Access 端口都属于 VLAN 1。

Access 端口的 PVID 为其所属 VLAN，且发送所属 VLAN 的报文时不带 Tag。

- 配置 Hybrid 端口允许 PVID 的报文不带 Tag 通过。

  port hybrid vlan *vlan-id-list* **untagged**

  缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

- 配置 Trunk 端口允许 PVID 的报文通过。

  port trunk permit vlan { *vlan-id-list* | **all** }

  缺省情况下，Trunk 端口只允许 VLAN 1 的报文通过。

(5) 开启端口的 QinQ 功能。

qinq enable

缺省情况下，端口的 QinQ 功能处于关闭状态。

1.5 配置VLAN透传功能

1. 功能简介

端口上开启了 QinQ 功能后，从该端口收到的报文就会被打上本端口 PVID 的 Tag。而 VLAN 透传功能则可使端口在收到带有指定 VLAN Tag 的报文后，不为其添加外层 VLAN Tag 而直接在运营商网络中传输。例如，当某 VLAN 为企业专线 VLAN 或网管 VLAN 时，就可以使用 VLAN 透传功能。

2. 配置限制和指导

配置 VLAN 透传功能时，需要注意：

- 配置 VLAN 透传功能时，还需在报文传输路径的所有端口上都配置允许透传 VLAN 通过。
- 配置了用户侧端口对指定 VLAN 的报文进行透传后，请勿在该端口上对这些 VLAN 再进行修改报文 VLAN Tag 的相关配置。
- 同一接口上透传 VLAN 和 VLAN 映射表项的原始 VLAN 及转换后 VLAN（对于携带两层 VLAN Tag 的报文，原始 VLAN 及转换后 VLAN 都仅指外层 VLAN）不允许相同。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口或二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Hybrid 或 Trunk。

port link-type { **hybrid** | **trunk** }

缺省情况下，端口的链路类型为 Access。

(4) 配置端口允许透传 VLAN 的报文通过。请根据端口的链路类型选择其中一项进行配置。

- 配置 Hybrid 端口允许透传 VLAN 的报文通过。

  port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

  缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

- 配置 Trunk 端口允许透传 VLAN 的报文通过。

port trunk permit vlan { *vlan-id-list* | **all** }

缺省情况下，Trunk 端口只允许 VLAN 1 的报文通过。

(5) 配置端口的 VLAN 透传功能。

qinq transparent-vlan *vlan-id-list*

缺省情况下，未配置 VLAN 透传功能。

1.6 配置VLAN Tag的TPID值

1.6.1 功能简介

TPID（Tag Protocol Identifier，标签协议标识符）值可以用来判断报文中是否带有 VLAN Tag。例如，在设备上配置用户 VLAN Tag 和运营商 VLAN Tag 的 TPID 值分别为 0x8200 和 0x9100，如果该设备收到的报文实际携带的内、外层 VLAN Tag 的 TPID 值分别为 0x8100 和 0x9100，由于该报文外层 VLAN Tag 的 TPID 值与配置值相同，而内层 VLAN Tag 的 TPID 值与配置值不同，该设备会认为该报文只携带运营商 VLAN Tag，而没有携带用户 VLAN Tag；对于该设备收到的只带有一层 VLAN Tag 的报文，如果该 VLAN Tag 的 TPID 值不为 0x9100，则该设备会认为该报文没有携带 VLAN Tag。

第三方厂商的设备可能将 QinQ 报文外层 VLAN Tag 的 TPID 设为不同的值。为了与这些厂商的设备兼容，用户可以通过修改 TPID 值，使发送的 QinQ 报文携带的 TPID 值与第三方厂商的相同，从而实现与这些厂商的设备互通。

1.6.2 配置限制和指导

内层 VLAN Tag 的 TPID 值应在 PE 设备上进行配置；外层 VLAN Tag 的 TPID 值应在 PE 设备的运营商网络侧的接口上进行配置。

1.6.3 配置内层VLAN Tag的TPID值

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置内层 VLAN Tag 的 TPID 值。

qinq ethernet-type customer-tag *hex-value*

缺省情况下，内层 VLAN Tag 的 TPID 值为 0x8100。

1.6.4 配置外层VLAN Tag的TPID值

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口或二层聚合接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置外层 VLAN Tag 的 TPID 值。

qinq ethernet-type service-tag *hex-value*

缺省情况下，外层 VLAN Tag 的 TPID 值为 0x8100。

1.7 QinQ显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示开启了 QinQ 功能的端口，通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-1 QinQ 显示和维护

操作	命令
显示开启了QinQ功能的端口	**display qinq** [**interface** *interface-type interface-number*]

1.8 QinQ典型配置举例

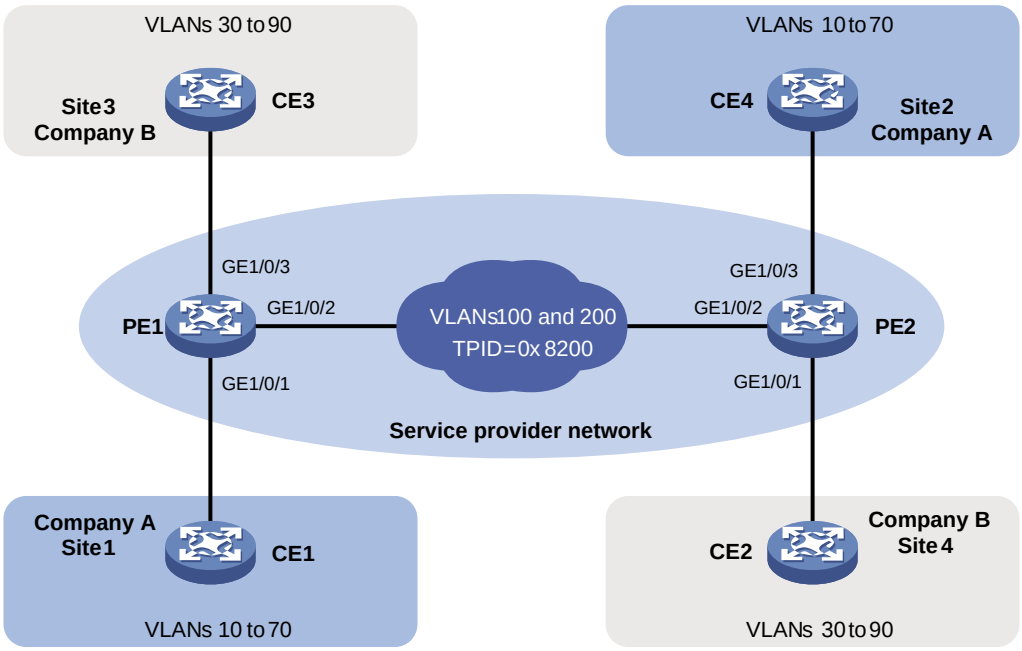
1.8.1 QinQ基本组网配置举例

1. 组网需求

- 公司 A 的两个分支机构 Site 1 和 Site 2 通过运营商网络进行通信，该公司各业务使用的 VLAN 为 VLAN 10～70；公司 B 的两个分支机构 Site 3 和 Site 4 也通过运营商网络进行通信，该公司各业务使用的 VLAN 为 VLAN 30～90。
- PE 1 和 PE 2 为运营商网络的边缘设备，且二者通过 TPID 值为 0x8200 的运营商网络设备进行连接。
- 通过配置，利用运营商提供的 VLAN 100 使公司 A 的两个分支机构之间实现互通，利用运营商提供的 VLAN 200 使公司 B 的两个分支机构之间实现互通。

2. 组网图

图1-3 QinQ 配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 PE 1

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 的报文通过。

```
<PE1> system-view
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 的 PVID 为 VLAN 100。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port trunk pvid vlan 100
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/1 的 QinQ 功能。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] qinq enable
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文通过。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 200
```

在端口 GigabitEthernet1/0/2 上配置外层 VLAN Tag 的 TPID 值为 0x8200。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] qinq ethernet-type service-tag 8200
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/3 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 200 的报文通过。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/3
[PE1-GigabitEthernet1/0/3] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/3] port trunk permit vlan 200
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/3 的 PVID 为 VLAN 200。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/3] port trunk pvid vlan 200
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/3 的 QinQ 功能。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/3] qinq enable
[PE1-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

(2) 配置 PE 2

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 200 的报文通过。

```
<PE2> system-view
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 200
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 的 PVID 为 VLAN 200。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] port trunk pvid vlan 200
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/1 的 QinQ 功能。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] qinq enable
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文通过。

```
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 200
```

在端口 GigabitEthernet1/0/2 上配置外层 VLAN Tag 的 TPID 值为 0x8200。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] qinq ethernet-type service-tag 8200
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/3 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 的报文通过。

```
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/3
[PE2-GigabitEthernet1/0/3] port link-type trunk
[PE2-GigabitEthernet1/0/3] port trunk permit vlan 100
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/3 的 PVID 为 VLAN 100。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/3] port trunk pvid vlan 100
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/3 的 QinQ 功能。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/3] qinq enable
[PE2-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

(3) 配置公共网络设备

配置运营商网络中 PE 1 到 PE 2 之间路径上的设备端口都允许 VLAN 100 和 VLAN 200 的报文携带 VLAN Tag 通过，且这些端口的 MTU 值至少为 1504 字节。

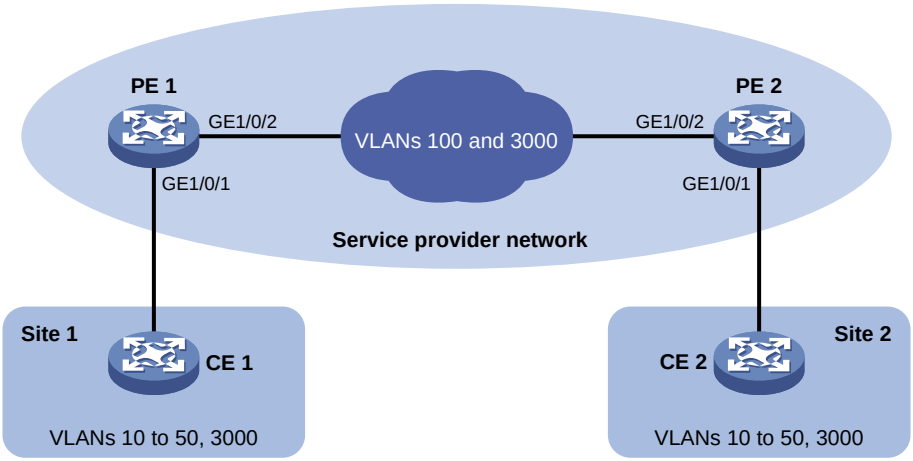
1.8.2 VLAN透传配置举例

1. 组网需求

- 某公司的两个分支机构 Site 1 和 Site 2 通过运营商网络进行通信，该公司各业务使用的 VLAN 为 VLAN 10～50 和 VLAN 3000，其中 VLAN 3000 为企业专线 VLAN。
- PE 1 和 PE 2 为运营商网络的边缘设备。
- 通过配置，使公司使用的 VLAN 10～50 利用运营商提供的 VLAN 100 实现互通，VLAN 3000 不利用运营商提供的 VLAN 就能实现互通。

2. 组网图

图1-4 VLAN 透传配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 PE 1

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 和 VLAN 3000 的报文通过。

```
<PE1> system-view
```

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100 3000
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 的 PVID 为 VLAN 100。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port trunk pvid vlan 100
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/1 的 QinQ 功能。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] qinq enable
```

配置端口对 VLAN 3000 的报文进行透传。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] qinq transparent-vlan 3000
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 和 VLAN 3000 的报文通过。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 3000
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 配置 PE 2

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 和 VLAN 3000 的报文通过。

```
<PE2> system-view
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 100 3000
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 的 PVID 为 VLAN 100。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] port trunk pvid vlan 100
```

开启端口 GigabitEthernet1/0/1 的 QinQ 功能。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] qinq enable
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/1 对 VLAN 3000 的报文进行透传。

```
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] qinq transparent-vlan 3000
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 端口，且允许 VLAN 100 和 VLAN 3000 的报文通过。

```
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 3000
[PE2-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(3) 配置公共网络设备

配置运营商网络中 PE 1 到 PE 2 之间路径上的设备端口都允许 VLAN 100 和 VLAN 3000 的报文携带 VLAN Tag 通过，且这些端口的 MTU 值至少为 1504 字节。

目 录

1 VLAN映射

1.1 VLAN映射简介

VLAN 映射（VLAN Mapping）也叫做 VLAN 转换（VLAN Translation），它可以修改报文携带的 VLAN Tag 或为报文添加 VLAN Tag，实现不同 VLAN ID 之间的相互转换。

1.1.1 VLAN映射的分类

目前设备提供下面几种映射关系：

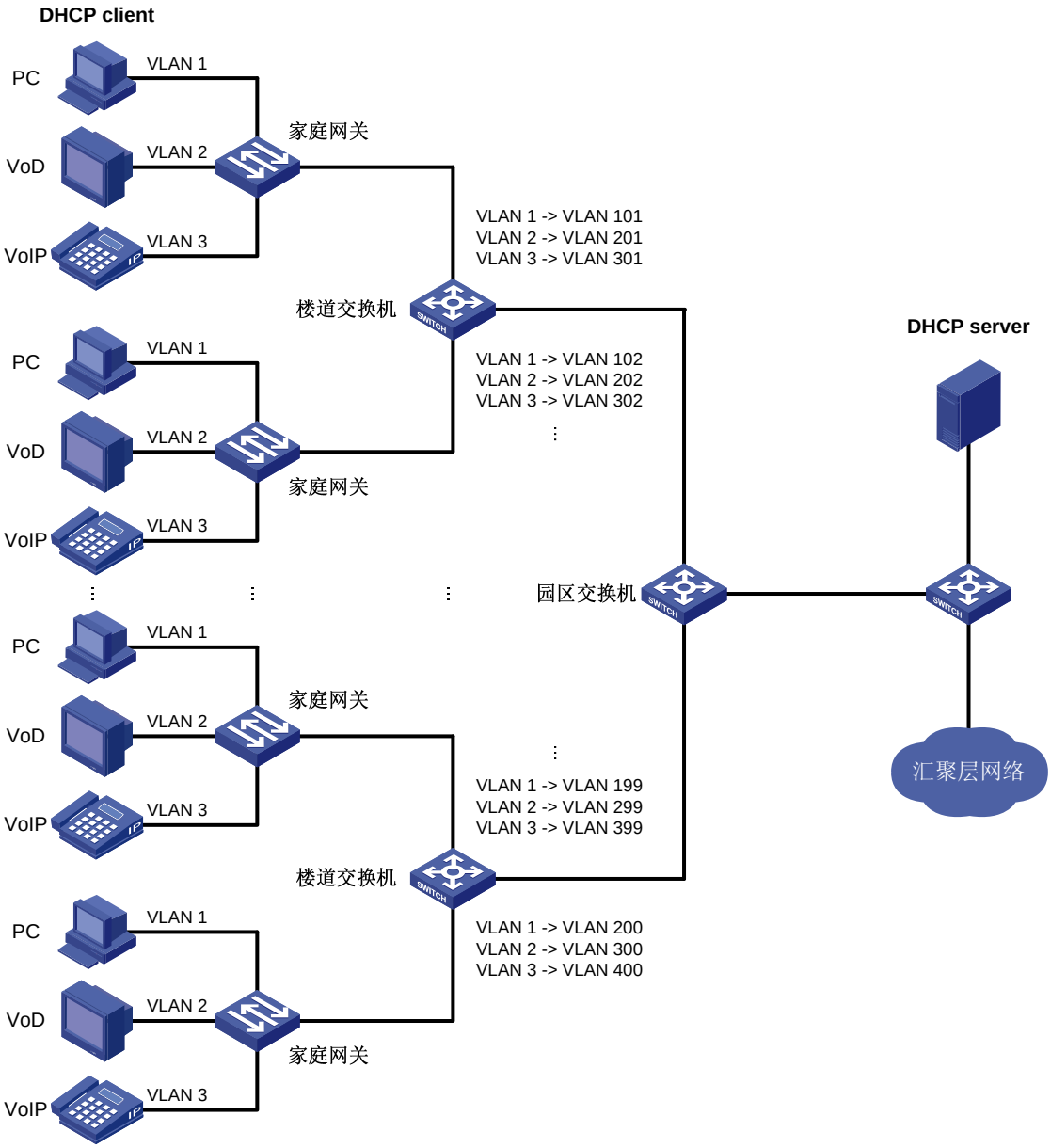
- 1:1 VLAN 映射：将来自某一特定 VLAN 的报文所携带的 VLAN Tag 替换为新的 VLAN Tag。
- 1:2 VLAN 映射：为携带有一层 VLAN Tag 的报文添加外层 VLAN Tag，使报文携带两层 VLAN Tag。

1.1.2 VLAN映射的应用

1. 1:1 VLAN映射的应用

如 图 1-1 所示，1:1 VLAN映射主要用来实现小区的宽带上网业务。

图1-1 1:1 VLAN 映射应用示意图



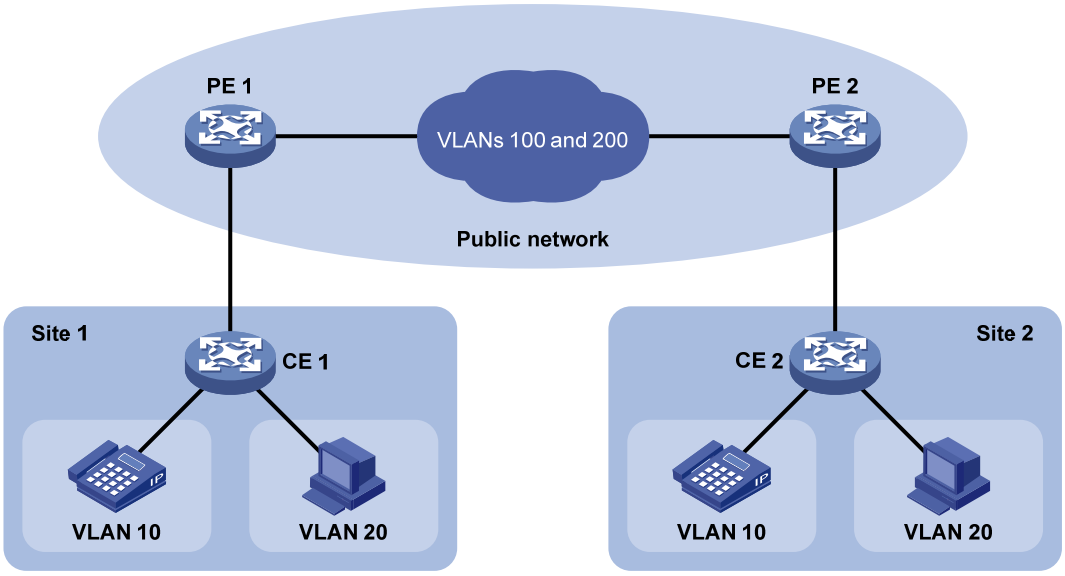
在 图 1-1 中，进行了如下网络规划：

- 在家庭网关上，分别将电脑上网（PC）、视频点播（VoD）和语音电话（VoIP）业务依次划分到不同 VLAN。
- 在楼道交换机上，为了隔离不同家庭的同类业务，需要将每个家庭的每种业务都划分到不同的 VLAN，即进行 1:1 VLAN 映射，这就要用到大量的 VLAN。

2. 1:2 VLAN映射的应用

1:2 VLAN映射的应用环境如 图 1-2 所示，处于不同地理位置（Site 1 和Site 2）的用户跨越了SP（Service Provider，服务提供商）的网络进行互通。同时网络中包含两种不同业务类型的数据，这两种业务类型的数据使用不同的外层VLAN Tag在运营商网络中进行传输。

图1-2 1:2 VLAN 映射应用示意图



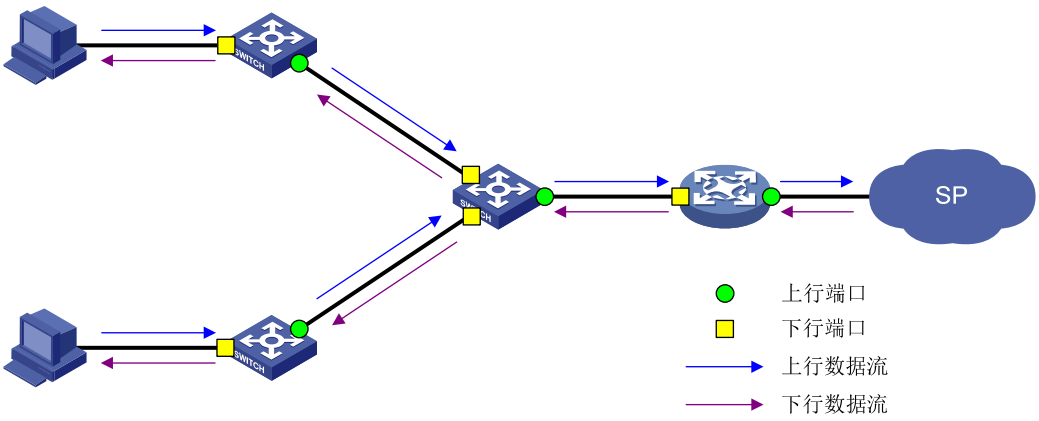
在 图 1-2 中Site 1 和Site 2 中的用户所在的VLAN为VLAN 10 和VLAN 20，SP分配给用户的VLAN分别为VLAN 100 和VLAN 200。当Site 1 的报文进入SP 的网络后，PE 1 为不同业务类型的报文添加不同的VLAN Tag，这个过程就是 1:2 VLAN映射。这样，用户就可以自由规划自己网络中的VLAN ID，而不用担心与SP的VLAN ID相冲突，运营商也可以将不同业务类型的数据分开传输，以便针对不同业务类型的数据配置不同的传输策略。同时也因为此时报文携带两层VLAN Tag，网络可用的VLAN为 4094×4094 个，缓解了原先SP网络中可用VLAN只有 4094 个带来的VLAN资源紧缺的问题。

1.1.3 VLAN映射实现方式

如 图 1-3 所示，在VLAN映射中，数据流和端口分为：

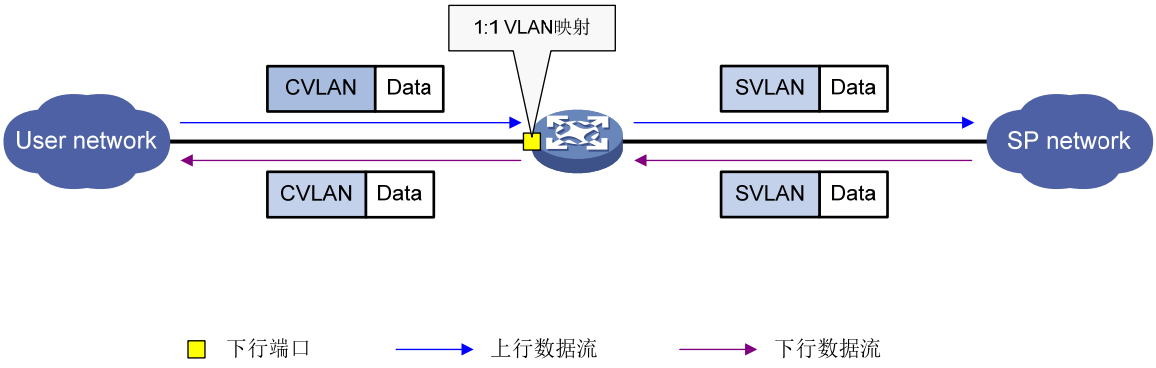
- 上行数据流：从用户网络发往汇聚层网络或 SP 网络的数据流。
- 下行数据流：从汇聚层网络或 SP 网络发往用户网络的数据流。
- 上行端口：发送上行数据流和接收下行数据流的端口。
- 下行端口：发送下行数据流和接收上行数据流的端口。

图1-3 VLAN 映射相关概念示意图



1. 1:1 VLAN映射实现方式

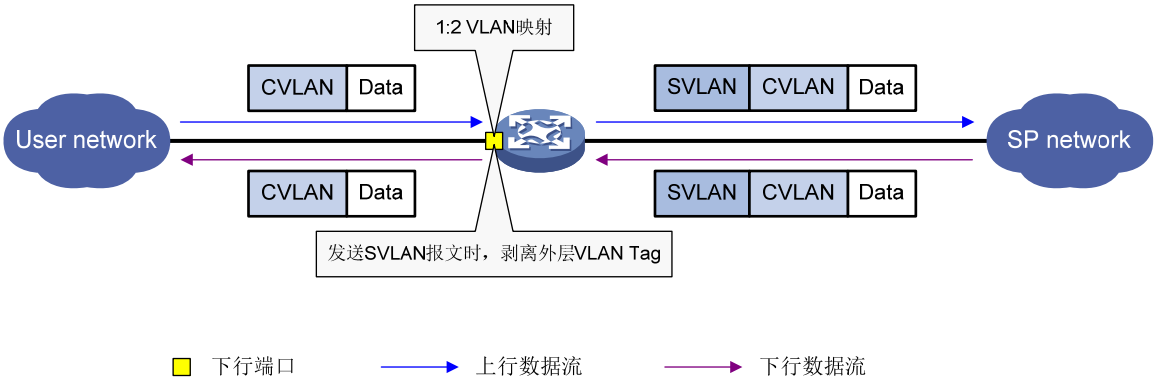
图1-4 1:1 VLAN 映射实现方式示意图



如 图 1-4 所示，通过在下行端口配置 1:1 VLAN映射，设备将上行数据流的CVLAN替换为SVLAN，将下行数据流的SVLAN替换为CVLAN。

2. 1:2 VLAN映射实现方式

图1-5 1:2 VLAN 映射实现方式示意图



如 图 1-5 所示，通过在下行端口上配置 1:2 VLAN映射，设备为上行数据流的CVLAN报文再添加一层SVLAN的VLAN Tag。

配置 1:2 VLAN 映射时，为保证下行数据流可以顺利到达用户网络，在发送 SVLAN 报文时，需要剥离其外层 VLAN Tag，只保留 CVLAN Tag。可选择如下两种方式的一种来实现剥离外层 VLAN Tag：

- 配置下行端口为 Hybrid 端口，并配置当该端口发送 SVLAN 报文时不带 VLAN Tag。
- 配置下行端口为 Trunk 端口，并将 SVLAN 设为该端口的 PVID。

1.2 VLAN映射配置限制和指导

若用户同时通过配置 VLAN 映射和 QinQ 来添加报文的 VLAN Tag，且配置冲突时，VLAN 映射的配置生效。有关 QinQ 的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“QinQ”。

若用户同时通过配置 VLAN 映射和 QoS 策略来修改或添加报文的 VLAN Tag，且配置冲突时，VLAN 映射的配置生效。有关 QoS 策略的详细介绍，请参见“ACL 和 QoS 配置指导”中的“QoS 配置方式”。

1.3 VLAN映射配置任务简介

请用户根据网络规划，在不同的设备上进行不同的 VLAN 映射配置。

VLAN 映射配置任务如下：

- 配置 1:1 VLAN映射

  在 图 1-1 所示的组网中，需要在楼道交换机上进行此配置。
- 配置 1:2 VLAN映射

  在 图 1-2 所示的组网中，需要在用户进入SP网络的边缘设备PE 1 和PE 2 上进行此配置。

1.4 VLAN映射配置准备

配置 VLAN 映射前，需要先创建好原始 VLAN 和转换后 VLAN。

1.5 配置1:1 VLAN映射

1. 功能简介

在 图 1-1 所示的组网中，需要在楼道交换机的下行端口上配置 1:1 VLAN映射，以便将不同用户的不同业务用不同的VLAN进行隔离。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入接口视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*
- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Hybrid 或 Trunk。

port link-type { hybrid | trunk }

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(4) 配置端口允许原始 VLAN 及转换后 VLAN 通过。

- 配置 Trunk 端口允许原始 VLAN 及转换后 VLAN 通过。

  port trunk permit vlan *vlan-id-list*

  缺省情况下，Trunk 端口只允许 VLAN 1 的报文通过。

- 配置 Hybrid 端口允许原始 VLAN 及转换后 VLAN 通过。

  port hybrid vlan *vlan-id-list* **tagged**

  缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(5) 配置 1:1 VLAN 映射。

vlan mapping *vlan-id* **translated-vlan** *vlan-id*

缺省情况下，接口上未配置 VLAN 映射。

1.6 配置1:2 VLAN映射

1. 功能简介

在 图 1-2 所示的组网中，需要在用户进入SP网络的边缘设备PE 1 和PE 2 上配置 1:2 VLAN映射，以便为报文添加SP分配给用户的外层VLAN Tag，使得不同用户的报文在SP网络中传输时被完全隔离。

1:2 VLAN 映射需要在设备下行端口上进行配置。

2. 配置限制和指导

若要为不同原始 VLAN 的报文添加不同的外层 VLAN Tag，请将端口的链路类型配置为 Hybrid 类型并多次配置 1:2 VLAN 映射。

1:2 VLAN 映射为报文加上外层 VLAN Tag 后，内层 VLAN Tag 将被当作报文的数据部分进行传输，报文长度将增加 4 个字节。因此建议用户适当增加映射后报文传输路径上各接口的 MTU（Maximum Transmission Unit，最大传输单元）值（至少为 1504 字节）。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入相应视图。

- 进入二层以太网接口视图。

  interface *interface-type interface-number*

- 进入二层聚合接口视图。

  interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 配置端口的链路类型为 Hybrid 或 Trunk。

port link-type { hybrid | trunk }

缺省情况下，所有端口的链路类型均为 Access 类型。

(4) 配置端口允许原始 VLAN 通过。

- 配置 Trunk 端口允许原始 VLAN 通过。

  port trunk permit vlan *vlan-id-list*

  缺省情况下，Trunk 端口只允许 VLAN 1 的报文通过。

- 配置 Hybrid 端口允许原始 VLAN 通过。

  port hybrid vlan *vlan-id-list* { **tagged** | **untagged** }

  缺省情况下，Hybrid 端口只允许该端口在链路类型为 Access 时的所属 VLAN 的报文以 Untagged 方式通过。

(5) 配置端口允许转换后外层 VLAN 不带 Tag 通过当前端口。

- 配置 Trunk 端口的 PVID 为添加的外层 VLAN 并允许该 VLAN 通过。

  port trunk pvid vlan *vlan-id*

  port trunk permit vlan { *vlan-id-list* | **all** }

- 配置允许添加的外层 VLAN 以 Untagged 方式通过 Hybrid 端口。

  port hybrid vlan *vlan-id-list* **untagged**

(6) 配置 1:2 VLAN 映射。

vlan mapping nest { **range** *vlan-range-list* | **single** *vlan-id-list* } **nested-vlan** *vlan-id*

缺省情况下，接口上未配置 VLAN 映射。

1.7 VLAN映射显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 VLAN 映射的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-1 VLAN 映射显示和维护

操作	命令
显示VLAN映射信息	**display vlan mapping** [**interface** *interface-type interface-number*]

1.8 VLAN映射典型配置举例

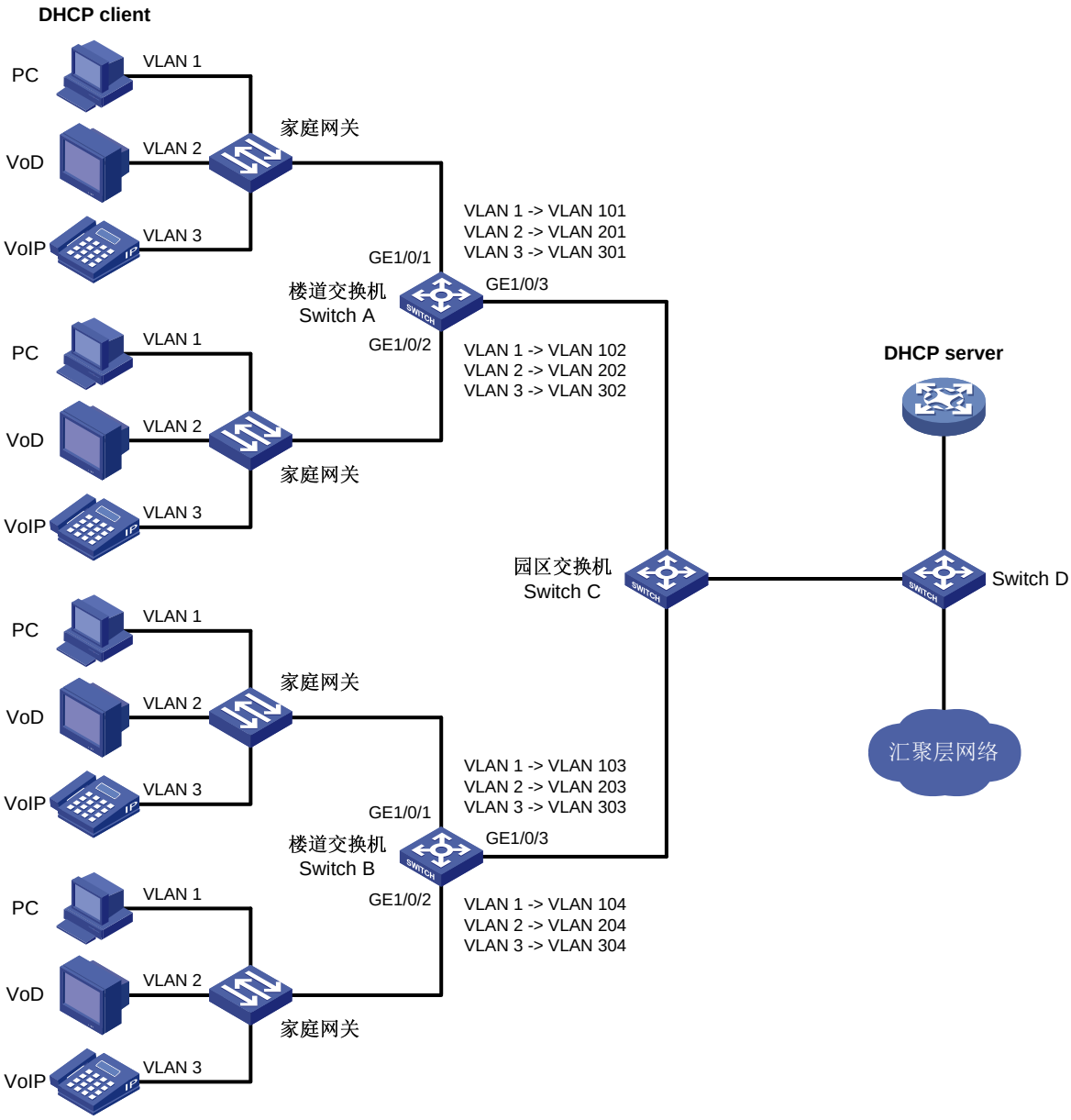
1.8.1 1:1 VLAN映射配置举例

1. 组网需求

- 在某小区，服务提供商为每个家庭都提供了 PC、VoD 和 VoIP 这三种数据服务，每个家庭都通过各自的家庭网关接入楼道交换机，并通过 DHCP 方式自动获取 IP 地址。
- 服务提供商希望实现以下网络规划：在家庭网关上，分别将 PC、VoD 和 VoIP 业务依次划分到 VLAN 1～3；在楼道交换机上，为了隔离不同家庭的同类业务，将每个家庭的每种业务都划分到不同的 VLAN。

2. 组网图

图1-6 1:1 VLAN 映射配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Switch A

配置下行端口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 端口且允许原始 VLAN 及转换后 VLAN 通过，同时在端口上配置 1:1 VLAN 映射。

```
<SwitchA> system-view
[SwitchA] vlan 2 to 3
[SwitchA] vlan 101 to 102
[SwitchA] vlan 201 to 202
[SwitchA] vlan 301 to 302
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/1
```

```
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 1 2 3 101 201 301
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] vlan mapping 1 translated-vlan 101
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] vlan mapping 2 translated-vlan 201
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] vlan mapping 3 translated-vlan 301
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/2
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 1 2 3 102 202 302
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] vlan mapping 1 translated-vlan 102
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] vlan mapping 2 translated-vlan 202
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] vlan mapping 3 translated-vlan 302
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/3 为 Trunk 端口，且允许转换后 VLAN 通过。

```
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/3
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/3] port link-type trunk
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/3] port trunk permit vlan 101 201 301 102 202 302
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/3] quit
```

(2) 配置 Switch B

Switch B 的配置与 Switch A 相似，配置过程略。

4. 验证配置

(1) 查看 Switch A 上的 VLAN 映射配置信息

```
[SwitchA] display vlan mapping
Interface GigabitEthernet1/0/1:
  Outer VLAN    Inner VLAN    Translated Outer VLAN    Translated Inner VLAN
  1             N/A           101                      N/A
  2             N/A           201                      N/A
  3             N/A           301                      N/A
Interface GigabitEthernet1/0/2:
  Outer VLAN    Inner VLAN    Translated Outer VLAN    Translated Inner VLAN
  1             N/A           102                      N/A
  2             N/A           202                      N/A
  3             N/A           302                      N/A
```

(2) 查看 Switch B 上的 VLAN 映射配置信息

Switch B 上的 VLAN 映射配置信息与 Switch A 相似，显示信息略。

以上信息表明，Switch A 和 Switch B 上的 1:1 VLAN 映射配置成功。

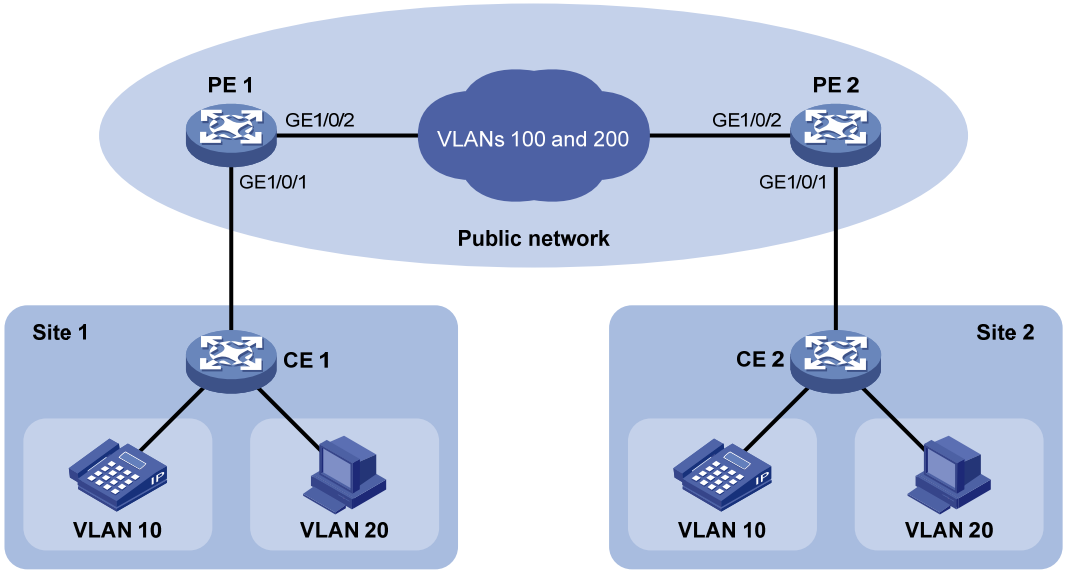
1.8.2 1:2 VLAN映射配置举例

1. 组网需求

- Site 1 和 Site 2 是某公司的两个分支机构，且利用 VLAN 10 和 VLAN 20 承载不同业务类型的数据。由于分处不同地域，这两个分支机构采用 SP 所提供的 VPN 接入服务，SP 将 VLAN 100 和 VLAN 200 分配给该公司使用。
- 该公司希望其下属的这两个分支机构可以跨越 SP 的网络实现互通。
- 用户不同业务类型的数据使用不同的外层 VLAN Tag 在运营商网络中传输。

2. 组网图

图1-7 1:2 映射配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 PE 1

创建 VLAN 10、VLAN 20、VLAN 200 和 VLAN 100。

```
<PE1> system-view
[PE1] vlan 10
[PE1-vlan10] quit
[PE1] vlan 20
[PE1-vlan20] quit
[PE1] vlan 100
[PE1-vlan100] quit
[PE1] vlan 200
[PE1-vlan200] quit
```

在下行端口 GigabitEthernet1/0/1 上配置 1:2 VLAN 映射，为 VLAN 10 的报文添加 VLAN 100 的外层 VLAN Tag，为 VLAN 20 的报文添加 VLAN 200 的外层 VLAN Tag。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] vlan mapping nest single 10 nested-vlan 100
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] vlan mapping nest single 20 nested-vlan 200
```

配置 GigabitEthernet1/0/1 为 Hybrid 端口且允许 VLAN 10 和 VLAN 20 的报文携带 VLAN Tag 通过、VLAN 100 和 VLAN200 的报文不携带 VLAN Tag 通过。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port link-type hybrid
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 10 20 tagged
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port hybrid vlan 100 200 untagged
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置上行端口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 端口且允许 VLAN 100 和 VLAN 200 通过。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
```

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 100 200
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 配置 PE 2

PE 2 的配置与 PE 1 相似，配置过程略。

4. 验证配置

(1) 查看 PE 1 上的 VLAN 映射配置信息

```
[PE1] display vlan mapping
Interface GigabitEthernet1/0/1:
  Outer VLAN    Inner VLAN    Translated Outer VLAN    Translated Inner VLAN
  10             N/A           100                      10
  20             N/A           200                      20
```

(2) 查看 PE 2 上的 VLAN 映射配置信息

```
[PE2] display vlan mapping
Interface GigabitEthernet1/0/2:
  Outer VLAN    Inner VLAN    Translated Outer VLAN    Translated Inner VLAN
  10             N/A           100                      10
  20             N/A           200                      20
```

以上信息表明，PE 1 和 PE 2 上的 1:2 VLAN 映射配置成功。

目 录

1 LLDP

1.1 LLDP简介

LLDP（Link Layer Discovery Protocol，链路层发现协议）提供了一种标准的链路层发现方式，使不同厂商的设备能够在网络中相互发现并交互各自的系统及配置信息。LLDP 将本端设备的信息（包括主要能力、管理地址、设备标识、接口标识等）封装在 LLDPDU（Link Layer Discovery Protocol Data Unit，链路层发现协议数据单元）中发布给与自己直连的邻居，邻居收到这些信息后将其以标准 MIB 的形式保存起来，以供网络管理系统查询及判断链路的通信状况。

1.1.1 LLDP代理和桥模式

LLDP 代理是 LLDP 协议运行实体的一个抽象映射。一个接口下，可以运行多个 LLDP 代理。目前 LLDP 定义的代理类型包括：

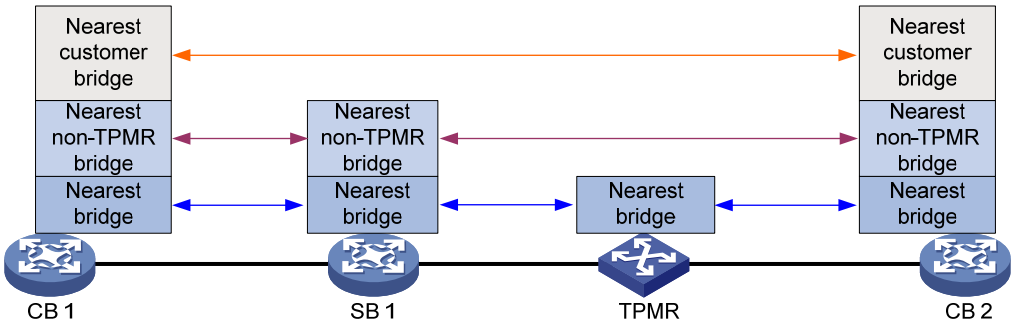
Nearest Bridge：最近桥代理。

Nearest non-TPMR Bridge：最近非 TPMR 桥代理。其中 TPMR（Two-Port MAC Relay，双端口 MAC 中继），是一种只有两个可供外部访问桥端口的桥，支持 MAC 桥的功能子集。TPMR 对于所有基于帧的介质无关协议都是透明的，但如下协议除外：以 TPMR 为目的地的协议、以保留 MAC 地址为目的地址但 TPMR 定义为不予转发的协议。

Nearest Customer Bridge：最近客户桥代理。

LLDP在相邻的代理之间进行协议报文交互，并基于代理创建及维护邻居信息。LLDP不同类型的代理邻居关系如 图 1-1 所示。

图1-1 LLDP 邻居关系示意图



其中，CB（Customer Bridge，客户桥）和 SB（Service Bridge，服务桥）表示 LLDP 的两种桥模式。

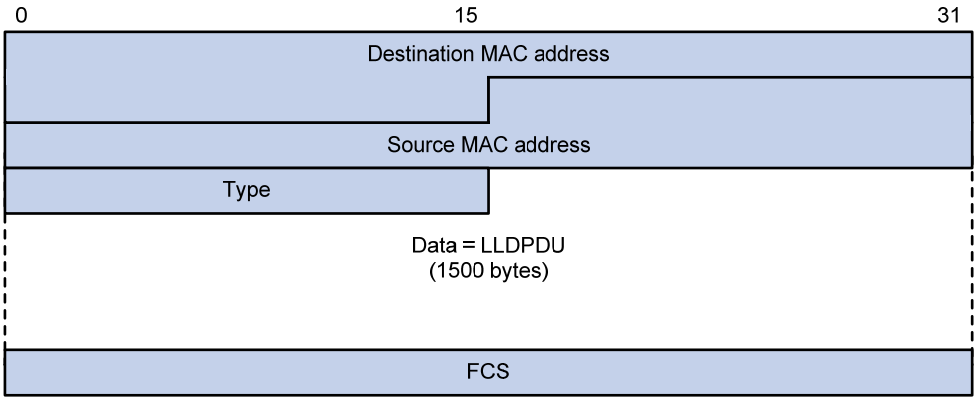
- LLDP 工作于客户桥模式时，设备可支持最近桥代理、最近非 TPMR 桥代理和最近客户桥代理，即设备对报文目的 MAC 地址为上述代理的 MAC 地址的 LLDP 报文进行处理，对报文目的 MAC 地址为其他 MAC 地址的 LLDP 报文进行 VLAN 内透传。
- LLDP 工作于服务桥模式时，设备可支持最近桥代理和最近非 TPMR 桥代理，即设备对报文目的 MAC 地址为上述代理的 MAC 地址的 LLDP 报文进行处理，对报文目的 MAC 地址为其他 MAC 地址的 LLDP 报文进行 VLAN 内透传。

1.1.2 LLDP报文

封装LLDPDU的报文称为LLDP报文，其封装格式有两种：Ethernet II和SNAP（Subnetwork Access Protocol，子网访问协议）。

1. Ethernet II格式封装的LLDP报文

图1-2 Ethernet II格式封装的LLDP报文

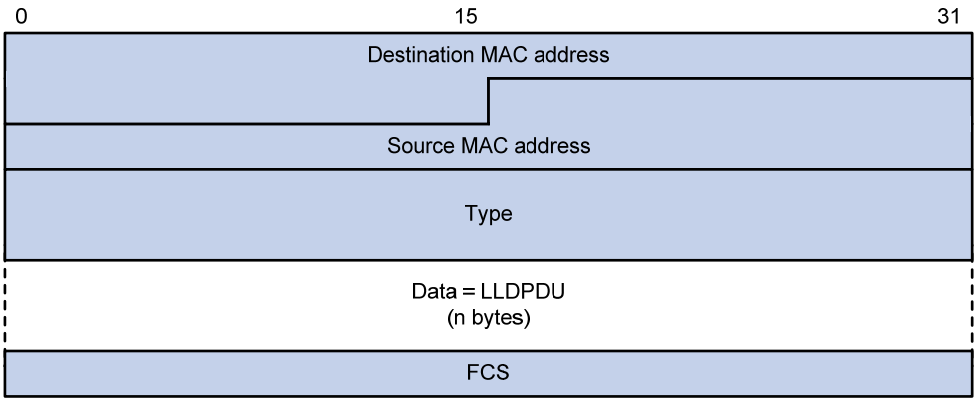


如图 1-2所示，Ethernet II格式封装的LLDP报文包含如下字段：

- Destination MAC address：目的MAC地址。为区分同一接口下不同类型代理发送及接收的LLDP报文，LLDP协议规定了不同的组播MAC地址作为不同类型代理的LLDP报文的目的MAC地址。
  - 最近桥代理类型的LLDP报文使用组播MAC地址0x0180-c200-000e。
  - 最近客户桥代理类型的LLDP报文使用组播MAC地址0x0180-c200-0000。
  - 最近非TPMR桥代理类型的LLDP报文使用组播MAC地址0x0180-c200-0003。
- Source MAC address：源MAC地址，为端口MAC地址。
- Type：报文类型，为0x88CC。
- Data：数据内容，为LLDPDU。
- FCS：帧检验序列，用来对报文进行校验。

2. SNAP格式封装的LLDP报文

图1-3 SNAP 格式封装的 LLDP 报文



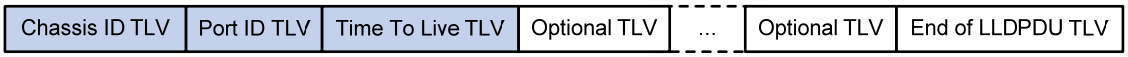
如 图 1-3 所示，SNAP格式封装的LLDP报文包含如下字段：

- Destination MAC address：目的 MAC 地址，与 Ethernet II 格式封装的 LLDP 报文目的 MAC 地址相同。
- Source MAC address：源 MAC 地址，为端口 MAC 地址。
- Type：报文类型，为 0xAAAA-0300-0000-88CC。
- Data：数据内容，为 LLDPDU。
- FCS：帧检验序列，用来对报文进行校验。

1.1.3 LLDPDU

LLDPDU 是封装在 LLDP 报文数据部分的数据单元。在组成 LLDPDU 之前，设备先将本地信息封装成 TLV 格式，再由若干个 TLV 组合成一个 LLDPDU 封装在 LLDP 报文的数据部分进行传送。

图1-4 LLDPDU 的封装格式



如 图 1-4 所示，蓝色的Chassis ID TLV、Port ID TLV、Time To Live TLV是每个LLDPDU都必须携带的，其余的TLV则为可选携带。每个LLDPDU最多可携带 32 种TLV。

1.1.4 TLV

TLV 是组成 LLDPDU 的单元，每个 TLV 都代表一个信息。LLDP 可以封装的 TLV 包括基本 TLV、802.1 组织定义 TLV、802.3 组织定义 TLV 和 LLDP-MED（Link Layer Discovery Protocol Media Endpoint Discovery，链路层发现协议媒体终端发现） TLV。

基本 TLV 是网络设备管理基础的一组 TLV，802.1 组织定义 TLV、802.3 组织定义 TLV 和 LLDP-MED TLV 则是由标准组织或其他机构定义的 TLV，用于增强对网络设备的管理，可根据实际需要选择是否在 LLDPDU 中发送。

1. 基本TLV

在基本TLV中，有几种TLV对于实现LLDP功能来说是必选的，即必须在LLDPDU中发布，如 表 1-1 所示。

表1-1 基本 TLV

TLV 名称	说明	是否必须发布
Chassis ID	发送设备的桥MAC地址	是
Port ID	标识LLDPDU发送端的端口。如果LLDPDU中携带有LLDP-MED TLV，其内容为端口的MAC地址；否则，其内容为端口的名称	是
Time To Live	本设备信息在邻居设备上的存活时间	是
End of LLDPDU	LLDPDU的结束标识，是LLDPDU的最后一个TLV	否
Port Description	端口的描述	否
System Name	设备的名称	否
System Description	系统的描述	否
System Capabilities	系统的主要功能以及已开启的功能项	否
Management Address	管理地址，以及该地址所对应的接口号和OID（Object Identifier，对象标识符）	否

2. 802.1 组织定义TLV

IEEE 802.1 组织定义TLV的内容如 表 1-2 所示。

目前，H3C 设备不支持发送 Protocol Identity TLV 和 VID Usage Digest TLV，但可以接收这两种类型的 TLV。

表1-2 IEEE 802.1 组织定义的 TLV

TLV 名称	说明
Port VLAN ID(PVID)	端口VLAN ID
Port and protocol VLAN ID(PPVID)	端口协议VLAN ID
VLAN Name	端口所属VLAN的名称
Protocol Identity	端口所支持的协议类型
DCBX	（暂不支持）数据中心桥能力交换协议（Data Center Bridging Exchange Protocol）
EVB模块	（暂不支持）边缘虚拟桥接（Edge Virtual Bridging）模块，具体包括EVB TLV和CDCP（S-Channel Discovery and Configuration Protocol，S通道发现和配置协议） TLV这两种TLV
Link Aggregation	端口是否支持链路聚合以及是否已开启链路聚合
Management VID	管理VLAN
VID Usage Digest	包含VLAN ID使用摘要的数据
ETS Configuration	增强传输选择（Enhanced Transmission Selection）配置

TLV 名称	说明
ETS Recommendation	增强传输选择推荐
PFC	（暂不支持）基于优先级的流量控制（Priority-based Flow Control）
APP	应用协议（Application Protocol）
QCN	（暂不支持）量化拥塞通知（Quantized Congestion Notification）

3. 802.3 组织定义TLV

IEEE 802.3 组织定义TLV的内容如 表 1-3 所示。

Power Stateful Control TLV 是在 IEEE P802.3at D1.0 版本中被定义的，之后的版本不再支持该 TLV。H3C 设备只有在收到 Power Stateful Control TLV 后才会发送该类型的 TLV。

表1-3 IEEE 802.3 组织定义的 TLV

TLV 名称	说明
MAC/PHY Configuration/Status	端口支持的速率和双工状态、是否支持端口速率自动协商、是否已开启自动协商功能以及当前的速率和双工状态
Power Via MDI	端口的供电能力，包括PoE（Power over Ethernet，以太网供电）的类型（包括PSE（Power Sourcing Equipment，供电设备）和PD（Powered Device，受电设备）两种）、PoE端口的远程供电模式、是否支持PSE供电、是否已开启PSE供电、供电方式是否可控、供电类型、功率来源、功率优先级、PD请求功率值、PSE分配功率值
Maximum Frame Size	端口支持的最大帧长度
Power Stateful Control	端口的电源状态控制，包括PSE/PD所采用的电源类型、供/受电的优先级以及供/受电的功率
Energy-Efficient Ethernet	节能以太网

4. LLDP-MED TLV

LLDP-MED TLV为VoIP（Voice over IP，在IP网络上传送语音）提供了许多高级的应用，包括基本配置、网络策略配置、地址信息以及目录管理等，满足了语音设备的不同生产厂商在投资收效、易部署、易管理等方面的要求，并解决了在以太网中部署语音设备的问题，为语音设备的生产者、销售者以及使用者提供了便利。LLDP-MED TLV的内容如 表 1-4 所示。

如果禁止发布 802.3 的组织定义的 MAC/PHY Configuration/Status TLV，则 LLDP-MED TLV 将不会被发布，不论其是否被允许发布；如果禁止发布 LLDP-MED Capabilities TLV，则其他 LLDP-MED TLV 将不会被发布，不论其是否被允许发布。

表1-4 LLDP-MED TLV

TLV 名称	说明
LLDP-MED Capabilities	网络设备所支持的LLDP-MED TLV类型
Network Policy	网络设备或终端设备上端口的VLAN类型、VLAN ID以及二三层与具体应用类型相关的优先级等
Extended Power-via-MDI	网络设备或终端设备的扩展供电能力，对Power Via MDI TLV进行了扩展

TLV 名称	说明
Hardware Revision	终端设备的硬件版本
Firmware Revision	终端设备的固件版本
Software Revision	终端设备的软件版本
Serial Number	终端设备的序列号
Manufacturer Name	终端设备的制造厂商名称
Model Name	终端设备的模块名称
Asset ID	终端设备的资产标识符，以便目录管理和资产跟踪
Location Identification	网络设备的位置标识信息，以供终端设备在基于位置的应用中使用

1.1.5 管理地址

管理地址是供网络管理系统标识网络设备并进行管理的地址。管理地址可以明确地标识一台设备，从而有利于网络拓扑的绘制，便于网络管理。管理地址被封装在 LLDP 报文的 Management Address TLV 中向外发布。

1.1.6 LLDP的工作模式

在指定类型的 LLDP 代理下，LLDP 有以下四种工作模式：

- TxRx：既发送也接收 LLDP 报文。
- Tx：只发送不接收 LLDP 报文。
- Rx：只接收不发送 LLDP 报文。
- Disable：既不发送也不接收 LLDP 报文。

当端口的 LLDP 工作模式发生变化时，端口将对协议状态机进行初始化操作。为了避免端口工作模式频繁改变而导致端口不断执行初始化操作，可配置端口初始化延迟时间，当端口工作模式改变时延迟一段时间再执行初始化操作。

1.1.7 LLDP报文的收发工作机制

1. LLDP报文的发送机制

在指定类型 LLDP 代理下，当端口工作在 TxRx 或 Tx 模式时，设备会周期性地向邻居设备发送 LLDP 报文。如果设备的本地配置发生变化则立即发送 LLDP 报文，以将本地信息的变化情况尽快通知给邻居设备。但为了防止本地信息的频繁变化而引起 LLDP 报文的大量发送，使用令牌桶机制对 LLDP 报文发送作限速处理。有关令牌桶的详细介绍，请参见“ACL 和 QoS 配置指导”中的“流量监管、流量整形和接口限速”。

当设备的工作模式由 Disable/Rx 切换为 TxRx/Tx，或者发现了新的邻居设备（即收到一个新的 LLDP 报文且本地尚未保存发送该报文设备的信息）时，该设备将自动启用快速发送机制，即将 LLDP 报文的发送周期设置为快速发送周期，并连续发送指定数量的 LLDP 报文后再恢复为正常的发送周期。

2. LLDP报文的接收机制

当端口工作在 TxRx 或 Rx 模式时，设备会对收到的 LLDP 报文及其携带的 TLV 进行有效性检查，通过检查后再将邻居信息保存到本地，并根据 Time To Live TLV 中 TTL（Time to Live，生存时间）的值来设置邻居信息在本地设备上的老化时间，若该值为零，则立刻老化该邻居信息。

1.1.8 LLDP与Track联动

LLDP 检测邻居是否存在，将检测结果通知给 Track 模块；Track 模块根据检测结果，对 Track 项的状态进行修改，以便通知应用模块进行相应处理：

- 当 LLDP 邻居存在时，Track 项的状态为 Positive。
- 当 LLDP 邻居不存在时，Track 项的状态为 Negative。

关于 LLDP 与 Track 联动的详细介绍和相关配置，请参见“可靠性配置指导”中的“Track”。

1.1.9 协议规范

与 LLDP 相关的协议规范有：

- IEEE 802.1AB-2005：Station and Media Access Control Connectivity Discovery
- IEEE 802.1AB 2009：Station and Media Access Control Connectivity Discovery
- ANSI/TIA-1057：Link Layer Discovery Protocol for Media Endpoint Devices
- IEEE Std 802.1Qaz-2011：Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks-Amendment 18: Enhanced Transmission Selection for Bandwidth Sharing Between Traffic Classes

1.2 LLDP配置限制和指导

如 表 1-5 所示，LLDP以下配置任务支持在多个接口视图配置。

表1-5 LLDP 配置任务对应的接口视图

配置任务	支持配置的接口视图
开启LLDP功能	支持配置的接口视图： • 二层以太网接口视图 • 二层聚合接口视图
配置LLDP工作模式	
配置允许发布的TLV类型	
配置管理地址及其封装格式	
配置LLDP报文的封装格式	
配置轮询功能	
配置LLDP Trap和LLDP-MED Trap功能	

开启 LLDP 功能时，需要注意：

- 当 LLDP 与 OpenFlow 配合使用时，需要在 Openflow 网络设备上全局开启 LLDP 功能，但为了此时 LLDP 不影响 OpenFlow 控制器发现拓扑，建议在 OpenFlow 实例内的接口上关闭 LLDP 功能。有关 OpenFlow 的详细介绍，请参见“OpenFlow 配置指导”中的“OpenFlow”。

1.3 LLDP配置任务简介

LLDP 配置任务如下：

(1) 开启LLDP功能

(2) 配置LLDP桥模式

(3) 配置LLDP工作模式

(4) （可选）配置接口初始化延迟时间

(5) （可选）配置 LLDP 报文相关参数

- 配置允许发布的TLV类型
- 配置管理地址及其封装格式
- 配置LLDP报文的封装格式
- 调整LLDP报文发送参数

(6) （可选）配置轮询功能

(7) （可选）关闭LLDP的PVID不一致检查功能

(8) （可选）配置LLDP兼容CDP功能

(9) （可选）配置LLDP Trap和LLDP-MED Trap功能

(10) （可选）配置LLDP报文的源MAC地址为指定的MAC地址

(11) （可选）配置设备支持通过LLDP生成对端管理地址的ARP或ND表项

1.4 开启LLDP功能

1. 配置限制和指导

只有当全局和接口上都开启了 LLDP 功能后，该功能才会生效。

在聚合接口视图下，开启或关闭 LLDP 功能只对 LLDP 最近客户桥代理和 LLDP 最近非 TPMR 代理生效。不影响聚合组中成员端口的 LLDP 最近桥代理的状态。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 全局开启 LLDP 功能。

lldp global enable

对于 S5000V3-EI、S5000E-X 系列交换机，缺省情况下，全局 LLDP 功能处于关闭状态。

对于其他系列交换机：

- 空配置启动时，使用软件功能缺省值，LLDP 功能在全局处于关闭状态。
- 缺省配置启动时，使用软件功能出厂值，LLDP 功能在全局处于开启状态。

关于空配置启动和缺省配置启动的详细介绍，请参见“基础配置指导”中的“配置文件管理”。

(3) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 在接口上开启 LLDP 功能。

lldp enable

缺省情况下，LLDP 功能在接口上处于开启状态。

1.5 配置LLDP桥模式

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 LLDP 桥模式。

- 配置 LLDP 桥模式为服务桥模式。

  lldp mode service-bridge

- 配置 LLDP 桥模式为客户桥模式。

  undo lldp mode service-bridge

缺省情况下，LLDP 桥模式为客户桥模式。

1.6 配置LLDP工作模式

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置 LLDP 的工作模式。

- 在二层以太网接口视图：

  lldp [**agent** { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }] **admin-status** { **disable** | **rx** | **tx** | **txrx** }

  以太网接口视图下，未指定 **agent** 参数时，表示配置最近桥代理的工作模式。

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp agent { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** } **admin-status** { **disable** | **rx** | **tx** | **txrx** }

  聚合接口视图下，只支持配置最近桥客户桥代理和最近非 TPMR 代理的工作模式。

缺省情况下，最近桥代理类型的 LLDP 工作模式为 TxRx，最近客户桥代理和最近非 TPMR 桥代理类型的 LLDP 工作模式为 Disable。

1.7 配置接口初始化延迟时间

1. 功能简介

当接口上 LLDP 的工作模式发生变化时，接口将对协议状态机进行初始化操作，通过配置接口初始化的延迟时间，可以避免由于工作模式频繁改变而导致接口不断地进行初始化。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置接口初始化的延迟时间。

lldp timer reinit-delay *delay*

缺省情况下，接口初始化的延迟时间为 2 秒。

1.8 配置允许发布的TLV类型

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置接口上允许发布的 TLV 类型。

- 在二层以太网接口视图下：

  lldp tlv-enable { **basic-tlv** { **all** | **port-description** | **system-capability** | **system-description** | **system-name** | **management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*] } | **dot1-tlv** { **all** | **port-vlan-id** | **link-aggregation** | **protocol-vlan-id** [*vlan-id*] | **vlan-name** [*vlan-id*] | **management-vid** [*mvlan-id*] } | **dot3-tlv** { **all** | **mac-physic** | **max-frame-size** | **power** } | **med-tlv** { **all** | **capability** | **inventory** | **network-policy** [*vlan-id*] | **power-over-ethernet** | **location-id** { **civic-address** *device-type country-code* { *ca-type ca-value* }&<1-10> | **elin-address** *tel-number* } } }

  缺省情况下，最近桥代理允许发布除 Location-id TLV、Port And Protocol VLAN ID TLV、VLAN Name TLV、Management VLAN ID TLV 之外所有类型的 TLV。

  lldp agent nearest-nontpmr tlv-enable { **basic-tlv** { **all** | **port-description** | **system-capability** | **system-description** | **system-name** | **management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*] } | **dot1-tlv** { **all** | **port-vlan-id** | **link-aggregation** } }

  lldp tlv-enable dot1-tlv { **protocol-vlan-id** [*vlan-id*] | **vlan-name** [*vlan-id*] | **management-vid** [*mvlan-id*] }

  缺省情况下，最近非 TPMR 桥代理不发布任何 TLV。

  lldp agent nearest-customer tlv-enable { **basic-tlv** { **all** | **port-description** | **system-capability** | **system-description** | **system-name** | **management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*] } | **dot1-tlv** { **all** | **port-vlan-id** | **link-aggregation** } }

  lldp tlv-enable dot1-tlv { **protocol-vlan-id** [*vlan-id*] | **vlan-name** [*vlan-id*] | **management-vid** [*mvlan-id*] }

  缺省情况下，最近客户桥代理允许发布基本 TLV 和 IEEE 802.1 组织定义 TLV。

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp tlv-enable dot1-tlv { **protocol-vlan-id** [*vlan-id*] | **vlan-name** [*vlan-id*] | **management-vid** [*mvlan-id*]

  lldp agent nearest-nontpmr tlv-enable { **basic-tlv** { **all** | **management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*] | **port-description** |

system-capability | **system-description** | **system-name** } | **dot1-tlv** { **all** | **port-vlan-id** } }

缺省情况下，最近非 TPMR 桥代理不发布任何 TLV。

lldp agent nearest-customer tlv-enable { **basic-tlv** { **all** | **management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*] | **port-description** | **system-capability** | **system-description** | **system-name** } | **dot1-tlv** { **all** | **port-vlan-id** } }

缺省情况下，最近客户桥代理允许发布基本 TLV 和 IEEE 802.1 组织定义 TLV，其中 IEEE 802.1 组织定义的 TLV 只支持 Port And Protocol VLAN ID TLV、VLAN Name TLV 及 Management VLAN ID TLV。

不存在最近桥代理。

1.9 配置管理地址及其封装格式

1. 功能简介

管理地址被封装在 Management Address TLV 中向外发布，封装格式可以是数字或字符串。如果邻居将管理地址以字符串格式封装在 TLV 中，用户可在本地设备上也将封装格式改为字符串，以保证与邻居设备的正常通信。

可以在全局或接口上配置允许在 LLDP 报文中发布管理地址并配置所发布的管理地址：全局的配置对所有接口都有效，而接口上的配置只对当接口有效。对于一个接口来说，优先采用该接口上的配置，只有该接口上未进行配置时，才采用全局的配置。当全局和接口下都未配置时，会采用接口下的缺省配置。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置全局允许在 LLDP 报文中发布管理地址并配置所发布的管理地址。

lldp [**agent** { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }] **global tlv-enable basic-tlv management-address-tlv** [**ipv6**] { *ip-address* | **interface loopback** *interface-number* | **interface vlan-interface** *interface-number* }

缺省情况下，全局不允许在 LLDP 报文中发布管理地址 TLV。

(3) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 允许在 LLDP 报文中发布管理地址并配置所发布的管理地址。

- 在二层以太网接口视图：

  lldp [**agent** { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }] **tlv-enable basic-tlv management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*]

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp agent { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** } **tlv-enable basic-tlv management-address-tlv** [**ipv6**] [*ip-address*]

缺省情况下，最近桥代理和最近客户桥代理类型的 LLDP 允许在 LLDP 报文中发布管理地址，最近非 TPMR 桥代理类型 LLDP 不允许在 LLDP 报文中发布管理地址。

对于 LLDP 报文中所要发布的 IPv6 格式的管理地址，仅支持数字格式的封装格式。

(5) 配置管理地址在 TLV 中的封装格式为字符串格式。

- 在二层以太网接口视图下：

  lldp [agent { nearest-customer | nearest-nontpmr }] management-address-format string

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp agent { nearest-customer | nearest-nontpmr } management-address-format string

缺省情况下，管理地址在 TLV 中的封装格式为数字格式。

1.10 配置LLDP报文的封装格式

1. 功能简介

LLDP 早期版本要求只有配置为相同的封装格式才能处理该格式的 LLDP 报文，因此为了确保与运行 LLDP 早期版本的设备成功通信，必须配置为与之相同的封装格式。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置 LLDP 报文的封装格式为 SNAP 格式。

- 在二层以太网接口视图下：

  lldp [agent { nearest-customer | nearest-nontpmr }] encapsulation snap

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp agent { nearest-customer | nearest-nontpmr } encapsulation snap

缺省情况下，LLDP 报文的封装格式为 Ethernet II 格式。

1.11 调整LLDP报文发送参数

1. 功能简介

LLDP 报文所携 Time To Live TLV 中 TTL 的值用来设置邻居信息在本地设备上的老化时间，由于 TTL＝Min（65535,（TTL 乘数×LLDP 报文的发送时间间隔＋1）），即取 65535 与（TTL 乘数×LLDP 报文的发送时间间隔＋1）中的最小值，因此通过调整 TTL 乘数可以控制本设备信息在邻居设备上的老化时间。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 TTL 乘数。

lldp hold-multiplier *value*

缺省情况下，TTL 乘数为 4。

(3) 配置 LLDP 报文的发送时间间隔。

lldp timer tx-interval *interval*

缺省情况下，LLDP 报文的发送时间间隔为 30 秒。

(4) 配置 LLDP 报文发包限速的令牌桶大小。

lldp max-credit *credit-value*

缺省情况下，发包限速令牌桶大小为 5。

(5) 配置快速发送 LLDP 报文的个数。

lldp fast-count *count*

缺省情况下，快速发送 LLDP 报文的个数为 4 个。

(6) 配置快速发送 LLDP 报文的时间间隔。

lldp timer fast-interval *interval*

缺省情况下，快速发送 LLDP 报文的发送时间间隔为 1 秒。

1.12 配置轮询功能

1. 功能简介

在开启了轮询功能后，LLDP 将以轮询间隔周期性地查询本设备的相关配置是否发生改变，如果发生改变将触发 LLDP 报文的发送，以将本设备的配置变化迅速通知给其他设备。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启轮询功能并配置轮询间隔。

- 在二层以太网接口视图下：

  lldp [**agent** { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }]
  check-change-interval *interval*

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp agent { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }
  check-change-interval *interval*

缺省情况下，轮询功能处于关闭状态。

1.13 关闭LLDP的PVID不一致检查功能

1. 功能简介

一般组网情况下，要求链路两端的 PVID 保持一致。设备会对收到的 LLDP 报文中的 PVID TLV 进行检查，如果发现报文中的 PVID 与本端 PVID 不一致，则认为网络中可能存在错误配置，LLDP 会打印日志信息，提示用户。

但在一些特殊情况下，可以允许链路两端的 PVID 配置不一致。例如为了简化接入设备的配置，各接入设备的上行口采用相同的 PVID，而对端汇聚设备的各接口采用不同的 PVID，从而使各接入设备的流量进入不同 VLAN。此时，可以关闭 LLDP 的 PVID 不一致性检查功能。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 关闭 LLDP 的 PVID 不一致检查功能。

lldp ignore-pvid-inconsistency

缺省情况下， LLDP 的 PVID 不一致检查功能处于开启状态。

1.14 配置LLDP兼容CDP功能

1. 功能简介

当设备与只支持 CDP（Cisco Discovery Protocol，思科发现协议）不支持 LLDP 的 Cisco 设备直连时，可以通过配置 LLDP 兼容 CDP 功能与直连设备交互信息。

设备上配置 LLDP 兼容 CDP 功能后，可以利用 LLDP 来接收、识别从直连设备接收的 CDP 报文，并向直连设备发送 CDP 报文。设备向 CDP 邻居设备发送的报文中携带设备 ID，与邻居设备相连端口的 ID、端口 IP 地址以及生存时间信息。其中，端口 IP 地址为该端口允许通过的、对应 VLAN 接口上配置有 IP 地址且处于 up 状态的最小 VLAN 的主 IP 地址，如果该端口允许通过的所有 VLAN 所对应的 VLAN 接口上都未配置 IP 地址或均处于 down 状态，则不发布端口 IP 地址。设备可以识别的 CDP 邻居设备的信息请参见 **display lldp neighbor-information** 命令显示信息中的 CDP neighbor-information 相关字段，有关该命令的详细介绍请参见“二层技术-以太网交换命令参考”中的“LLDP”。

当设备与 Cisco 的 IP 电话直连时，IP 电话将会向设备发送 CDP（Cisco Discovery Protocol，思科发现协议）报文以请求在设备上所配 Voice VLAN 的 VLAN ID；如果在指定时间内没有收到设备发送的 Voice VLAN 的 VLAN ID，IP 电话将会把语音数据流以 Untagged 方式发送，从而导致语音数据流与其他类型的数据流混在一起，无法进行区分。

通过在设备上配置 LLDP 兼容 CDP 功能，可以利用 LLDP 来接收、识别从 IP 电话发送的 CDP 报文，并向 IP 电话发送 CDP 报文，该 CDP 报文携带设备所配 Voice VLAN 的 TLV（如果没有配置 Vioce VLAN，则 TLV 还可由服务器下发或者从端口 Vioce VLAN 获得），使 IP 电话完成 Voice VLAN 的自动配置。语音数据流将被限制在配置的 Voice VLAN 内，与其他数据流区分开来。

有关 Voice VLAN 的详细介绍，请参见“二层技术-以太网交换配置指导”中的“Voice VLAN”。

主机与 Cisco 的 IP 电话的数据端口连接，Cisco 的 IP 电话与设备直连，主机通过 IP 电话连接到设备进行上线认证。当 Cisco 的 IP 电话的数据端口发生故障时，会向直连设备发送数据端口故障的 CDP 报文，以便设备将通过 IP 电话接入的终端用户下线。

LLDP 兼容 CDP 功能有以下几种工作模式：

- TxRx：既发送也接收 CDP 报文。
- Rx：接收但不发送 CDP 报文。
- Disable：既不发送也不接收 CDP 报文。

2. 配置限制和指导

配置 LLDP 兼容 CDP 功能时，需要注意：

- 要使 LLDP 兼容 CDP 功能生效，必须先在全局开启 LLDP 兼容 CDP 功能，并将 LLDP 兼容 CDP 功能的工作模式配置为 TxRx。
- 由于 CDP 报文所携 Time To Live TLV 中 TTL 的最大值为 255，而 CDP 报文的发送时间间隔由 LLDP 报文的发送时间间隔控制，因此为保证 LLDP 兼容 CDP 功能的正常运行，建议配置 LLDP 报文的发送时间间隔值不大于实际 TTL 的 1/3。
- S5000E-X、S5110V2-SI 和 S5000V3-EI 系列交换机不支持 Voice VLAN。

3. 配置准备

在配置 LLDP 兼容 CDP 功能之前，需完成以下任务：

- 全局开启 LLDP 功能。
- 在设备与支持 CDP 的设备相连接的接口上开启 LLDP 功能，并配置接口的 LLDP 工作模式为 TxRx。

4. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 开启 LLDP 兼容 CDP 功能。

lldp compliance cdp

缺省情况下，LLDP 兼容 CDP 功能处于关闭状态。

(3) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(4) 配置 LLDP 兼容 CDP 功能的工作模式为 TxRx。

lldp compliance admin-status cdp txrx

缺省情况下，LLDP 兼容 CDP 功能的工作模式为 Disable。

(5) 配置 CDP 报文携带的 Voice VLAN ID。

cdp voice-vlan *vlan-id*

缺省情况下，未配置 CDP 报文携带的 Voice VLAN ID。S5000E-X、S5110V2-SI 和 S5000V3-EI 系列交换机不支持 Voice VLAN

1.15 配置LLDP Trap和LLDP-MED Trap功能

1. 功能简介

开启 LLDP Trap 或 LLDP-MED Trap 功能后，设备可以通过向网管系统发送 Trap 信息以通告如发现新的 LLDP 邻居或 LLDP-MED 邻居、与原来邻居的通信链路发生故障等重要事件。

LLDP Trap 和 LLDP-MED Trap 信息的发送时间间隔是指设备向网管系统发送 Trap 信息的最小时间间隔，通过调整该时间间隔，可以避免由于邻居信息频繁变化而导致 Trap 信息的频繁发送。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启 LLDP Trap 功能。

- 在二层以太网接口视图下：

  lldp [**agent** { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }] **notification remote-change enable**

- 在二层聚合接口视图下：

  lldp agent { **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** } **notification remote-change enable**

缺省情况下，LLDP Trap 功能处于关闭状态。

(4) 在二层以太网接口视图下开启 LLDP-MED Trap 功能。

lldp notification med-topology-change enable

缺省情况下，LLDP-MED Trap 功能处于关闭状态。

(5) 退回系统视图。

quit

(6) （可选）配置 LLDP Trap 和 LLDP-MED Trap 信息的发送时间间隔。

lldp timer notification-interval *interval*

缺省情况下，LLDP Trap 和 LLDP-MED Trap 信息的发送时间间隔均为 30 秒。

1.16 配置LLDP报文的源MAC地址为指定的MAC地址

1. 功能简介

配置本特性后，LLDP 报文的源 MAC 地址为 VLAN 虚接口的 MAC 地址。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置 LLDP 报文源 MAC 地址为 VLAN 虚接口的 MAC 地址。

lldp source-mac vlan *vlan-id*

缺省情况下，LLDP 报文源 MAC 地址为当前接口的 MAC 地址。

1.17 配置设备支持通过LLDP生成对端管理地址的ARP或ND表项

1. 功能简介

配置本特性后，当接口收到携带 IPv4 格式 Management Address TLV 的 LLDP 报文后，会生成该报文携带的管理地址与报文源 MAC 地址组成的 ARP 表项；当接口收到携带 IPv6 格式 Management Address TLV 的 LLDP 报文后，会生成该报文携带的管理地址与报文源 MAC 地址组成的 ND 表项。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 配置接口收到携带 Management Address TLV 的 LLDP 报文后生成 ARP 表项或 ND 表项。

lldp management-address { **arp-learning** | **nd-learning** } [**vlan** *vlan-id*]

缺省情况下，接口收到携带 Management Address TLV 的 LLDP 报文后不生成 ARP 表项和 ND 表项。

ARP 表项和 ND 表项的生成互不影响，可同时配置。

对于二层以太网接口，不允许多个端口关联同一个 VLAN，否则生成的 ARP 表项或 ND 表项会相互覆盖

1.18 LLDP显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 LLDP 的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-6 LLDP 显示和维护

操作	命令
显示LLDP本地信息	**display lldp local-information** [**global** | **interface** *interface-type interface-number*]
显示由邻居设备发来的LLDP信息	**display lldp neighbor-information** [[[**interface** *interface-type interface-number*] [**agent** { **nearest-bridge** | **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }] [**verbose**]] | **list** [**system-name** *system-name*]]
显示LLDP的统计信息	**display lldp statistics** [**global** | [**interface** *interface-type interface-number*] [**agent** { **nearest-bridge** | **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }]]
显示LLDP的状态信息	**display lldp status** [**interface** *interface-type interface-number*] [**agent** { **nearest-bridge** | **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }]
显示接口上可发送的可选TLV信息	**display lldp tlv-config** [**interface** *interface-type interface-number*] [**agent** { **nearest-bridge** | **nearest-customer** | **nearest-nontpmr** }]

1.19 LLDP典型配置举例

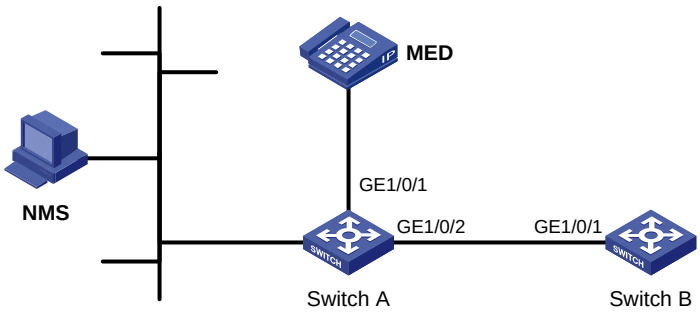
1.19.1 LLDP基本功能配置举例

1. 组网需求

- NMS（Network Management System，网络管理系统）与 Switch A 相连，Switch A 通过接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 分别与 MED 设备和 Switch B 相连。
- 通过在 Switch A 和 Switch B 上配置 LLDP 功能，使 NMS 可以对 Switch A 与 MED 设备之间、以及 Switch A 与 Switch B 之间链路的通信情况进行判断。

2. 组网图

图1-5 LLDP 基本功能配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 Switch A

全局开启 LLDP 功能。

```
<SwitchA> system-view
[SwitchA] lldp global enable
```

在接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上分别开启 LLDP 功能（此步骤可省略，LLDP 功能在接口上缺省开启），并配置 LLDP 工作模式为 Rx。

```
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/1
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] lldp enable
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] lldp admin-status rx
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/2
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] lldp enable
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] lldp admin-status rx
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 配置 Switch B

全局开启 LLDP 功能。

```
<SwitchB> system-view
[SwitchB] lldp global enable
```

在接口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 LLDP 功能（此步骤可省略，LLDP 功能在接口上缺省开启），并配置 LLDP 工作模式为 Tx。

```
[SwitchB] interface gigabitethernet 1/0/1
```

```
[SwitchB-GigabitEthernet1/0/1] lldp enable
[SwitchB-GigabitEthernet1/0/1] lldp admin-status tx
[SwitchB-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

4. 验证配置

显示 Switch A 上全局和所有接口的 LLDP 状态信息。

```
[SwitchA] display lldp status
Global status of LLDP: Enable
Bridge mode of LLDP: customer-bridge
The current number of LLDP neighbors: 2
The current number of CDP neighbors: 0
LLDP neighbor information last changed time: 0 days, 0 hours, 4 minutes, 40 seconds
Transmit interval              : 30s
Fast transmit interval         : 1s
Transmit credit max            : 5
Hold multiplier                : 4
Reinit delay                   : 2s
Trap interval                  : 30s
Fast start times               : 4

LLDP status information of port 1 [GigabitEthernet1/0/1]:
LLDP agent nearest-bridge:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Rx_Only
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 1
Number of MED neighbors        : 1
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 21
Number of received unknown TLV : 0

LLDP agent nearest-nontpmr:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disable
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 1
Number of received unknown TLV : 0

LLDP agent nearest-customer:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disable
Trap flag                      : No
```

```
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 16
Number of received unknown TLV : 0

LLDP status information of port 2 [GigabitEthernet1/0/2]:
LLDP agent nearest-bridge:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Rx_Only
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 1
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 21
Number of received unknown TLV : 3

LLDP agent nearest-nontpmr:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disable
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 1
Number of received unknown TLV : 0

LLDP agent nearest-customer:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disable
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 16
Number of received unknown TLV : 0
```

由此可见，Switch A 的接口 GigabitEthernet1/0/1 上连接了一个 MED 邻居设备，GigabitEthernet1/0/2 上则连接了一个非 MED 邻居设备，且这两个接口的 LLDP 工作模式都为 Rx，即只接收而不发送 LLDP 报文。

将 Switch A 和 Switch B 间的链路断掉后，再显示 Switch A 上所有接口的 LLDP 状态信息。

```
[SwitchA] display lldp status
Global status of LLDP: Enable
The current number of LLDP neighbors: 1
The current number of CDP neighbors: 0
LLDP neighbor information last changed time: 0 days, 0 hours, 5 minutes, 20 seconds
Transmit interval              : 30s
Fast transmit interval         : 1s
Transmit credit max            : 5
Hold multiplier                : 4
Reinit delay                   : 2s
Trap interval                  : 30s
Fast start times               : 4

LLDP status information of port 1 [GigabitEthernet1/0/1]:
LLDP agent nearest-bridge:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Rx_Only
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 1
Number of MED neighbors        : 1
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 0
Number of received unknown TLV : 5

LLDP agent nearest-nontpmr:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disabl
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 1
Number of received unknown TLV : 0

LLDP status information of port 2 [GigabitEthernet1/0/2]:
LLDP agent nearest-bridge:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Rx_Only
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
```

```
Number of sent optional TLV    : 0
Number of received unknown TLV : 0

LLDP agent nearest-nontpmr:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disable
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 1
Number of received unknown TLV : 0

LLDP agent nearest-customer:
Port status of LLDP            : Enable
Admin status                   : Disable
Trap flag                      : No
MED trap flag                  : No
Polling interval               : 0s
Number of LLDP neighbors       : 0
Number of MED neighbors        : 0
Number of CDP neighbors        : 0
Number of sent optional TLV    : 16
Number of received unknown TLV : 0
```

由此可见，Switch A 的接口 GigabitEthernet1/0/2 上已经没有任何邻居设备了。

1.19.2 LLDP兼容CDP功能配置举例

说明

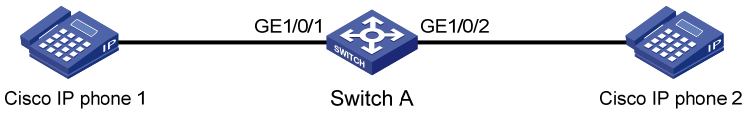
S5000E-X、S5110V2-SI 和 S5000V3-EI 系列交换机不支持本举例。

1. 组网需求

- Switch A 通过接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 分别与两部 Cisco 的 IP 电话相连，这两部 IP 电话发送的 Tagged 语音数据。
- 在 Switch A 上配置 VLAN ID 为 2 的 Voice VLAN，通过在 Switch A 上配置 LLDP 兼容 CDP 功能使 IP 电话完成 Voice VLAN 的自动配置，以使语音数据流被限制在 Voice VLAN 内，与其他数据流区分开来。

2. 组网图

图1-6 LLDP 兼容 CDP 功能配置组网图



3. 配置步骤

(1) 在 Switch A 上配置 Voice VLAN

创建 VLAN 2。

```
<SwitchA> system-view
[SwitchA] vlan 2
[SwitchA-vlan2] quit
```

分别将接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 配置为 Trunk 端口，并开启 Voice VLAN 功能。

```
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/1
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] voice-vlan 2 enable
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/2
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] voice-vlan 2 enable
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 在 Switch A 上配置 LLDP 兼容 CDP 功能

全局开启 LLDP 功能以及 LLDP 兼容 CDP 功能。

```
[SwitchA] lldp global enable
[SwitchA] lldp compliance cdp
```

在接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上分别开启 LLDP 功能（此步骤可省略，LLDP 功能在接口上缺省开启），配置 LLDP 工作模式为 TxRx，并配置 LLDP 兼容 CDP 功能的工作模式为 TxRx。

```
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/1
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] lldp enable
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] lldp admin-status txrx
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] lldp compliance admin-status cdp txrx
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/1] quit
[SwitchA] interface gigabitethernet 1/0/2
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] lldp enable
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] lldp admin-status txrx
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] lldp compliance admin-status cdp txrx
[SwitchA-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

4. 验证配置

显示 Switch A 上的邻居信息。

```
[SwitchA] display lldp neighbor-information
```

```
CDP neighbor-information of port 1[GigabitEthernet1/0/1]:
LLDP agent nearest-bridge:
 CDP neighbor index  : 1
 Chassis ID          : SEP00141CBCDBFE
 Port ID             : Port 1

CDP neighbor-information of port 2[GigabitEthernet1/0/2]:
LLDP agent nearest-bridge:
 CDP neighbor index  : 2
 Chassis ID          : SEP00141CBCDBFF
 Port ID             : Port 1
```

由此可见，Switch A 已发现了分别连接在接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上的 IP 电话，并获取到了相关的设备信息。

目 录

1 L2PT

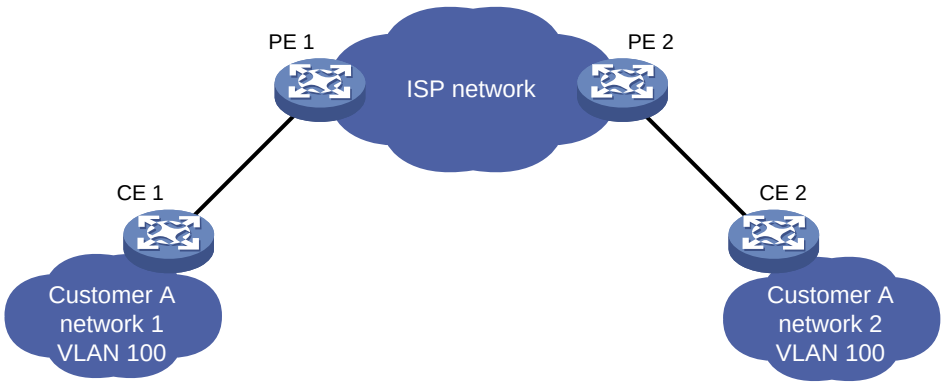
1.1 L2PT简介

L2PT（Layer 2 Protocol Tunneling，二层协议隧道）是一种二层协议报文处理技术，它可以使位于不同地域的用户网络的二层协议报文，通过运营商网络内的指定通道进行透明传输或被强制丢弃。

1.1.1 L2PT典型应用

如 图 1-1 所示，用户A拥有属于相同VLAN的两个分支网络（分别为网络 1 和网络 2），两个分支网络通过运营商网络相连接。当网络 1 和网络 2 中共同运行某种二层协议（如生成树协议）时，要求网络 1 和网络 2 中的二层协议报文能够穿越运营商网络，以完成二层协议的计算（如生成树的计算），但是当CE（Customer Edge，用户网络边缘）设备发送的二层协议报文到达PE（Provider Edge，服务提供商网络边缘）设备时，由于PE不区分该报文来自用户网络还是运营商网络，都会将该报文上送CPU进行处理。这样，用户网络与运营商网络的二层协议计算将相互影响，用户网络无法独立完成二层协议的计算。

图1-1 L2PT 应用环境



为了解决上述问题，就要求在运营商网络中能够透传用户网络的二层协议报文。利用 L2PT 功能，即可实现上述要求。

L2PT 功能具有如下作用：

- 对用户网络的二层协议报文进行透明传输：可以使同一个用户网络的二层协议报文在运营商网络内指定的 VLAN 进行组播发送，使不同地域的同一个用户网络可以跨越运营商网络进行统一协议计算。
- 由于不同用户网络的二层协议报文在运营商网络的不同 VLAN 中进行组播发送，所以不同用户网络的二层协议报文相互隔离，可以独立计算。

1.1.2 L2PT支持的协议类型

目前，支持以下协议的 L2PT 功能：

- CDP（Cisco Discovery Protocol，思科发现协议）
- DLDP（Device Link Detection Protocol，设备链路检测协议）
- EOAM（Ethernet Operation, Administration and Maintenance，以太网操作、管理和维护）
- GVRP（GARP VLAN Registration Protocol，GARP VLAN 注册协议）
- LACP（Link Aggregation Control Protocol，链路聚合控制协议）
- LLDP（Link Layer Discovery Protocol，链路层发现协议）
- MVRP（Multiple VLAN Registration Protocol，多 VLAN 注册协议）
- PAGP（Port Aggregation Protocol，端口聚合协议）
- PVST（Per-VLAN Spanning Tree，每 VLAN 生成树）
- STP（Spanning Tree Protocol，生成树协议）
- UDLD（Unidirectional Link Detection，单向链路检测协议）
- VTP（VLAN Trunking Protocol，VLAN 中继协议）

本文中的 STP 包括 STP、RSTP 和 MSTP。

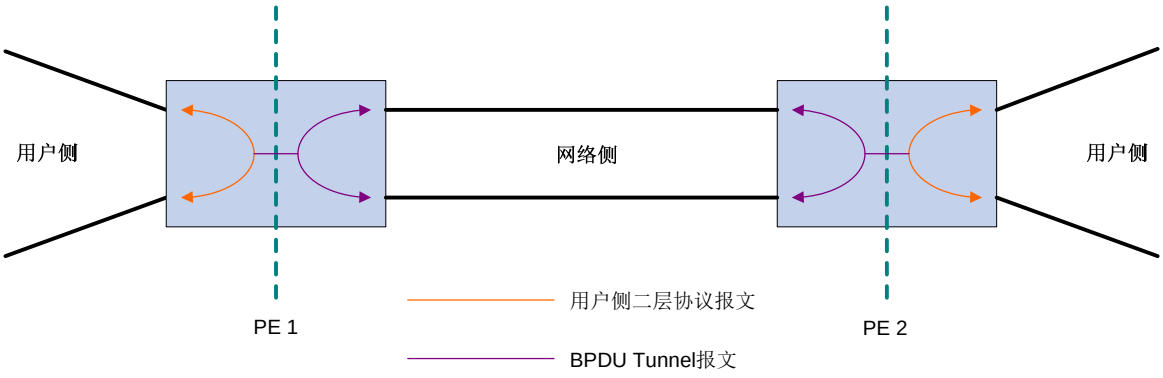
1.1.3 L2PT工作原理

如 图 1-2 所示，L2PT报文转发过程如下：

(1) PE 1 在用户侧收到二层协议报文后，将同时向网络侧及用户侧转发该报文。一方面，PE 1 直接向其用户侧除报文接收口以外的其他所有同一 VLAN 的接口组播发送该报文；另一方面，PE 1 为该报文封装指定的组播 MAC 地址，然后将封装后的报文在其网络侧所有同一 VLAN 的接口进行组播发送，封装后的报文又称为 BPDU Tunnel 报文。

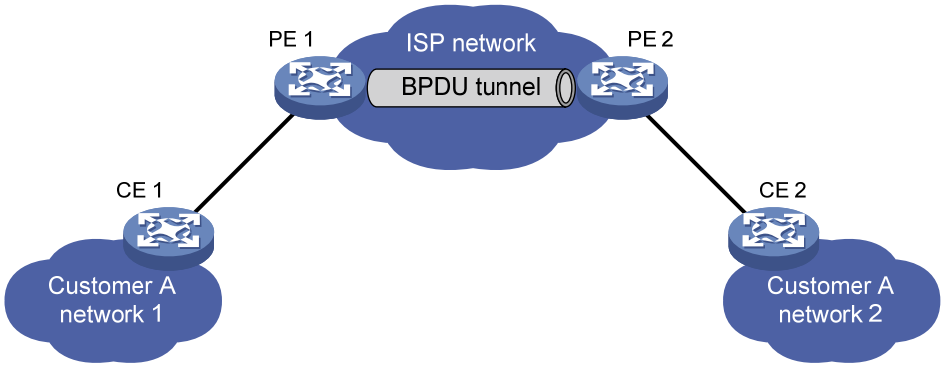
(2) PE 2 在网络侧收到 Tunnel 报文后，将同时向网络侧及用户侧转发该报文。一方面，PE 2 直接向其网络侧除报文接收口以外其他所有同一 VLAN 的接口组播发送该报文；另一方面，PE 2 对该报文解封装，然后将解封装后的报文在其用户侧所有同一 VLAN 的接口进行组播发送。

图1-2 L2PT 报文转发



下面以 STP 为例具体介绍 L2PT 实现过程。

图1-3 L2PT 组网示意图



如 图 1-3 所示，通过在运营商网络两端的边缘设备PE 1 和PE 2 上配置L2PT功能，可实现网络 1 和网络 2 之间的BPDU（Bridge Protocol Data Unit，网桥协议数据单元）报文在运营商网络中的透明传输，且用户网络和运营商网络的生成树各自独立计算生成。举例来说，假设BPDU报文由网络 1 发往网络 2：

(1) 在运营商网络输入端，PE 1 为来自 CE 1 的 BPDU 报文的封装特殊的组播 MAC 地址（缺省为 010f-e200-0003）。在运营商网络中，修改后的 Tunnel 报文被当作数据报文在用户所属的 VLAN 中进行转发。

(2) 在运营商网络输出端，PE 2 收到目的 MAC 地址为 010f-e200-0003 的 Tunnel 报文后，对其解封装，然后将解封装后的 BPDU 报文转发给 CE 2。

通过 L2PT，实现了运行 STP 功能的用户网络和运营商网络拥有各自的生成树，互不干扰。

1.2 L2PT配置任务简介

L2PT 配置任务如下：

- 开启L2PT功能

  本功能仅适用于用户侧接口。
- （可选）配置Tunnel报文的组播目的MAC地址

1.3 开启L2PT功能

1.3.1 配置限制和指导

开启 L2PT 功能前，需要注意：

- 在接口上开启某协议的 L2PT 功能时，对应的 CE 上应启用该协议，同时当前接口必须关闭该协议。
- 如果 CE 上与 PE 开启 L2PT 功能的接口相连的聚合接口上正在运行某协议（例如 STP），则 PE 设备上对应的接口必须关闭对应协议。
- L2PT 功能仅需在 PE 设备的用户侧接口上开启。如果在网络侧接口上开启了 L2PT 功能，则会将该接口认为是用户侧接口。
- 保证携带 VLAN Tag 的用户网络二层协议报文在运营商网络传输过程中，其 VLAN Tag 不被改变或删除，否则运营商网络将无法正确透传该用户网络的二层协议报文。

对于 LLDP，L2PT 功能只支持 Nearest Bridge（最近桥代理）类型代理发送的 LLDP 报文。

在二层聚合组的成员端口上配置 L2PT 功能不生效。

1.3.2 在二层以太网接口视图下开启L2PT功能

1. 配置限制和指导

LACP、EOAM 要求接口间的 LACP、EOAM 协议报文必须是点对点传输（即两台设备间，一端接口发出的 LACP、EOAM 协议报文只能到达对端设备接收侧的一个接口），否则会影响 LACP、EOAM 协议功能。

在二层以太网接口上开启 L2PT 功能后，当该接口收到用户网络的 LACP、EOAM 协议报文时，由于该接口所在设备会在用户侧和网络侧组播发送该报文，本设备其他用户侧接口会发出该 LACP、EOAM 协议报文，到达对端设备的 Tunnel 报文也会被还原为相应的协议报文从各用户侧接口组播发送，可能不满足接口间的 LACP、EOAM 协议报文的点对点传输要求，此时需要通过其他配置（比如 VLAN 配置）来保证接口之间 LACP、EOAM 协议报文的点对点传输。

2. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层以太网接口视图。

interface *interface-type interface-number*

(3) 开启指定协议的 L2PT 功能。

l2protocol { **cdp** | **dldp** | **eoam** | **gvrp** | **lacp** | **lldp** | **mvrp** | **pagp** | **pvst** | **stp** | **udld** | **vtp** } **tunnel dot1q**

缺省情况下，各协议的 L2PT 功能均处于关闭状态。

1.3.3 在二层聚合接口视图下开启L2PT功能

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 进入二层聚合接口视图。

interface bridge-aggregation *interface-number*

(3) 开启指定协议的 L2PT 功能。

l2protocol { **gvrp** | **mvrp** | **pvst** | **stp** | **vtp** } **tunnel dot1q**

缺省情况下，各协议的 L2PT 功能均处于关闭状态。

1.4 配置Tunnel报文的组播目的MAC地址

1. 功能简介

Tunnel 报文的缺省组播目的 MAC 地址为 010f-e200-0003，用户可以根据需要将其修改为 0100-0ccd-cdd0、0100-0ccd-cdd1 或 0100-0ccd-cdd2。

2. 配置限制和指导

同一用户网络对应的运营商网络边缘设备上配置的 Tunnel 报文的组播目的 MAC 地址必须一致，否则这些边缘设备将无法正确识别 Tunnel 报文。

建议不同的用户网络对应的运营商网络边缘设备使用不同的 Tunnel 报文组播目的 MAC 地址，避免某用户网络的报文被转发到另一用户网络。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

(2) 配置 Tunnel 报文的组播目的 MAC 地址。

l2protocol tunnel-dmac *mac-address*

缺省情况下，Tunnel 报文的组播目的 MAC 地址为 010f-e200-0003。

1.5 L2PT显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示 L2PT 配置后的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除 L2PT 的信息。

表1-1 L2PT 显示和维护

操作	命令
显示L2PT报文统计信息	**display l2protocol statistics** [**interface** *interface-type interface-number*]
清除L2PT报文的统计信息	**reset l2protocol statistics** [**interface** *interface-type interface-number*]

1.6 L2PT典型配置举例

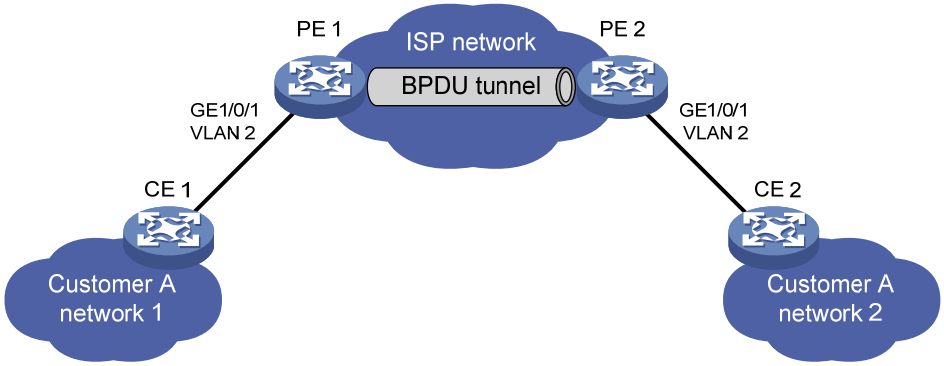
1.6.1 STP协议L2PT配置举例

1. 组网需求

- CE 1 和 CE 2 为用户 A 的处于不同地域的边缘设备，PE 1 和 PE 2 为运营商网络的边缘设备。其中，CE 1 的桥 MAC 地址为 00e0-fc02-5800，CE 2 的桥 MAC 地址为 00e0-fc02-5802。
- PE 与 CE 间相连的接口均为属于 VLAN 2 的 Access 接口；而运营商网络中各设备间相连的接口均为 Trunk 类型，并允许所有 VLAN 的报文通过。
- 用户 A 的网络中已启用 MSTP 功能，要求通过配置使 CE 1 和 CE 2 可以跨越运营商网络进行统一的生成树计算，其中 Tunnel 报文的组播目的 MAC 地址为 0100-0ccd-cdd0。

2. 组网图

图1-4 STP 协议 L2PT 配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 PE 1

配置 L2PT 组播目的 MAC 地址为 0100-0ccd-cdd0。

```
<PE1> system-view
[PE1] l2protocol tunnel-dmac 0100-0ccd-cdd0
```

创建 VLAN 2。

```
[PE1] vlan 2
[PE1-vlan2] quit
```

配置接口 GigabitEthernet1/0/1 使用 VLAN 2 对用户报文进行传输。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port access vlan 2
```

在接口 GigabitEthernet1/0/1 上关闭 STP 协议，并开启 STP 协议的 L2PT 功能。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] undo stp enable
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] l2protocol stp tunnel dot1q
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

为了使发往网络侧的报文保留用户的 VLAN Tag，配置网络侧接口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 类型，并允许所有 VLAN 通过。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan all
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 配置 PE 2

PE 2 上的配置与 PE 1 上的配置相同，不再赘述。

4. 验证配置

用户 A 网络中的 MSTP 采用缺省配置。

在 CE 2 上显示生成树的根桥信息。

```
<CE2> display stp root
 MST ID   Root Bridge ID        ExtPathCost IntPathCost Root Port
 0        32768.00e0-fc02-5800  0           0
```

从显示信息可以看出，CE 2 上生成树的根桥为 CE 1，说明 CE 2 参与了生成树计算，STP 报文透传成功。

在 PE 1 上显示生成树的根桥信息。

```
[PE1] display stp root
 MST ID   Root Bridge ID        ExtPathCost IntPathCost Root Port
 0        32768.0cda-41c5-ba50  0           0
```

从显示信息可以看出，PE 1 上生成树的根桥不为 CE 1，说明运营商网络未参与 CE 1 和 CE 2 所在的生成树的计算。

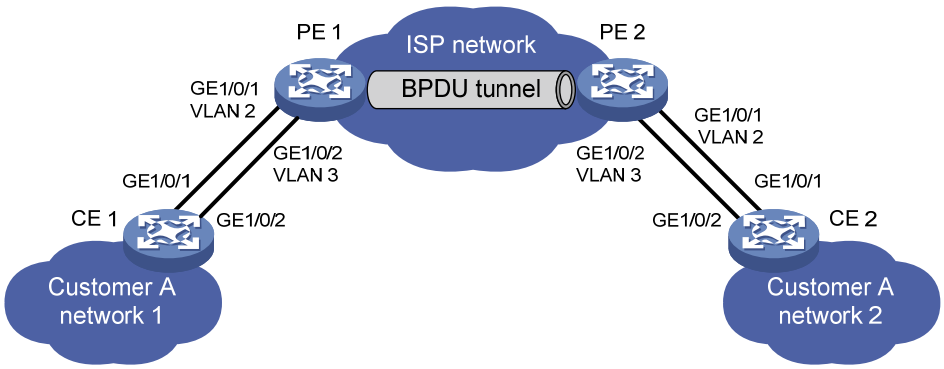
1.6.2 LACP协议L2PT配置举例

1. 组网需求

- CE 1 和 CE 2 为用户 A 的处于不同地域网络的边缘设备，PE 1 和 PE 2 为运营商网络的边缘设备。其中，CE 1 的桥 MAC 地址为 0001-0000-0000，CE 2 的桥 MAC 地址为 0004-0000-0000。
- 在 CE 1 和 CE 2 上分别配置以太网链路聚合功能，并要求实现 CE 1 和 CE 2 可以跨越运营商网络进行链路聚合。其中，CE 1 的接口 GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2 分别与 CE 2 的接口 GigabitEthernet1/0/1、GigabitEthernet1/0/2 组成链路。

2. 组网图

图1-5 LACP 协议 L2PT 配置组网图



3. 配置思路

运营商网络为用户 A 分配的 VLAN 为 VLAN 2 和 VLAN 3。

为保证以太网链路聚合功能的正常工作，需通过配置 VLAN 保证聚合成员口之间点对点通讯：配置 PE 上与 CE 相连的接口为 Trunk 类型，PE 上接口 GigabitEthernet1/0/1 的 PVID 为 2，不允许 VLAN 3 通过，接口 GigabitEthernet1/0/2 的 PVID 为 3，不允许 VLAN 2 通过。

同时，因为 CE 向 PE 发送的报文可能携带私网 VLAN Tag（本例中用户 VLAN 均为 VLAN 1），为使 PE 向 CE 发送的报文保留私网 VLAN Tag 且不被修改，需要在 PE 的接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 上开启 QinQ 功能，运营商网络中各设备间相连的接口均为 Trunk 类型，并允许所有 VLAN 通过。

4. 配置步骤

(1) 配置 CE 1

配置 CE 1 的接口 GigabitEthernet1/0/1 和 GigabitEthernet1/0/2 加入动态聚合口 Bridge-Aggregation1。

```
<CE1> system-view
[CE1] interface bridge-aggregation 1
[CE1-Bridge-Aggregation1] port link-type access
[CE1-Bridge-Aggregation1] link-aggregation mode dynamic
[CE1-Bridge-Aggregation1] quit
[CE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[CE1-GigabitEthernet1/0/1] port link-aggregation group 1
[CE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
[CE1] interface gigabitethernet 1/0/2
[CE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-aggregation group 1
[CE1-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(2) 配置 CE 2

CE 2 上的配置与 CE 1 上的配置相同，不再赘述。

(3) 配置 PE 1

创建 VLAN 2、VLAN 3。

```
<PE1> system-view
[PE1] vlan 2
[PE1-vlan2] quit
[PE1] vlan 3
[PE1-vlan3] quit
```

配置接口 GigabitEthernet1/0/1 为 Trunk 类型，缺省 VLAN 为 2，并开启 QinQ 功能。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port link-mode bridge
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port trunk permit vlan 2
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] port trunk pvid vlan 2
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] qinq enable
```

在接口 GigabitEthernet1/0/1 上开启 LACP 协议的 L2PT 功能。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] l2protocol lacp tunnel dot1q
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置接口 GigabitEthernet1/0/2 为 Trunk 类型，缺省 VLAN 为 3，并开启 QinQ 功能。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/2
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-mode bridge
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port link-type trunk
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port trunk permit vlan 3
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] port trunk pvid vlan 3
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] qinq enable
```

在接口 GigabitEthernet1/0/2 上开启 LACP 协议的 L2PT 功能。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] l2protocol lacp tunnel dot1q
[PE1-GigabitEthernet1/0/2] quit
```

(4) 配置 PE 2

PE 2 上的配置与 PE 1 上的配置相同，不再赘述。

5. 验证配置

在 CE 1 上显示成员端口上链路聚合的详细信息。

```
[CE1] display link-aggregation member-port
Flags: A -- LACP_Activity, B -- LACP_Timeout, C -- Aggregation,
       D -- Synchronization, E -- Collecting, F -- Distributing,
       G -- Defaulted, H -- Expired

GigabitEthernet1/0/1:
Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Local:
    Port Number: 3
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Remote:
    System ID: 0x8000, 0004-0000-0000
    Port Number: 3
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Received LACP Packets: 23 packet(s)
Illegal: 0 packet(s)
Sent LACP Packets: 26 packet(s)

GigabitEthernet1/0/2:
Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Local:
    Port Number: 4
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Remote:
    System ID: 0x8000, 0004-0000-0000
    Port Number: 4
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Received LACP Packets: 10 packet(s)
Illegal: 0 packet(s)
Sent LACP Packets: 13 packet(s)
```

在 CE 2 上显示成员端口上链路聚合的详细信息。

```
[CE2] display link-aggregation member-port
Flags: A -- LACP_Activity, B -- LACP_Timeout, C -- Aggregation,
       D -- Synchronization, E -- Collecting, F -- Distributing,
       G -- Defaulted, H -- Expired

GigabitEthernet1/0/1:
```

```
Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Local:
    Port Number: 3
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Remote:
    System ID: 0x8000, 0001-0000-0000
    Port Number: 3
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Received LACP Packets: 23 packet(s)
Illegal: 0 packet(s)
Sent LACP Packets: 26 packet(s)

GigabitEthernet1/0/2:
Aggregate Interface: Bridge-Aggregation1
Local:
    Port Number: 4
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Remote:
    System ID: 0x8000, 0001-0000-0000
    Port Number: 4
    Port Priority: 32768
    Oper-Key: 1
    Flag: {ACDEF}
Received LACP Packets: 10 packet(s)
Illegal: 0 packet(s)
Sent LACP Packets: 13 packet(s)
```

从显示信息可以看出，CE 1 与 CE 2 跨越运营商网络进行链路聚合成功。