

项目 5 以太网链路聚合

主编：钟祥睿等

上海交通大学出版社

目录

项目一



项目描述



项目分析



相关知识点



项目实施

单元学习目标

知识目标



1. 了解链路聚合的作用及分类
2. 理解 LACP 模式的链路聚合协商过程
3. 了解 iStack 和 CSS 的优点与原理
4. 了解链路聚合与堆叠技术的常见应用及组网方式。

技能目标



1. 掌握使用手动模式配置链路聚合的方法
2. 掌握使用静态 LACP 模式配置链路聚合的方法
3. 掌握静态 LACP 模式下控制活动链路的方法
4. 掌握静态 LACP 的部分特性的配置方法

项目描述

随着业务的发展和园区网络规模的不断扩大，用户对于网络的带宽、可靠性要求越来越高。传统解决方案是通过更换高速率的接口板或更换支持高速率接口板的设备的方式来增加带宽，同时通过部署冗余链路并辅以 STP（Spanning Tree Protocol，生成树协议）协议实现高可靠。这种传统解决方案存在费用高、灵活度低、故障恢复时间长、配置复杂等缺点。

为解决上述传统网络方案存在的问题，链路聚合技术应运而生。采用链路聚合技术可以在不进行硬件升级的条件下，通过将多个物理接口捆绑为一个逻辑接口，来达到增加链路带宽的目的。在实现增大带宽的同时，链路聚合采用备份链路的机制，可以有效的提高设备之间链路的可靠性。

1. 单板可靠性

以华为 S12700E-8 交换机为例，如图 5-2 所示。设备提供 8 个线路板槽位、4 个交换网板槽位、2 个主控板槽位、6 个电源模块槽位、4 个风扇模块槽位。该交换机通过配置多个主控板、交换网板及线路板，可保证设备自身的可靠性，单个槽位的交换网板、主控板或线路板的损坏，不会影响设备的正常运行。

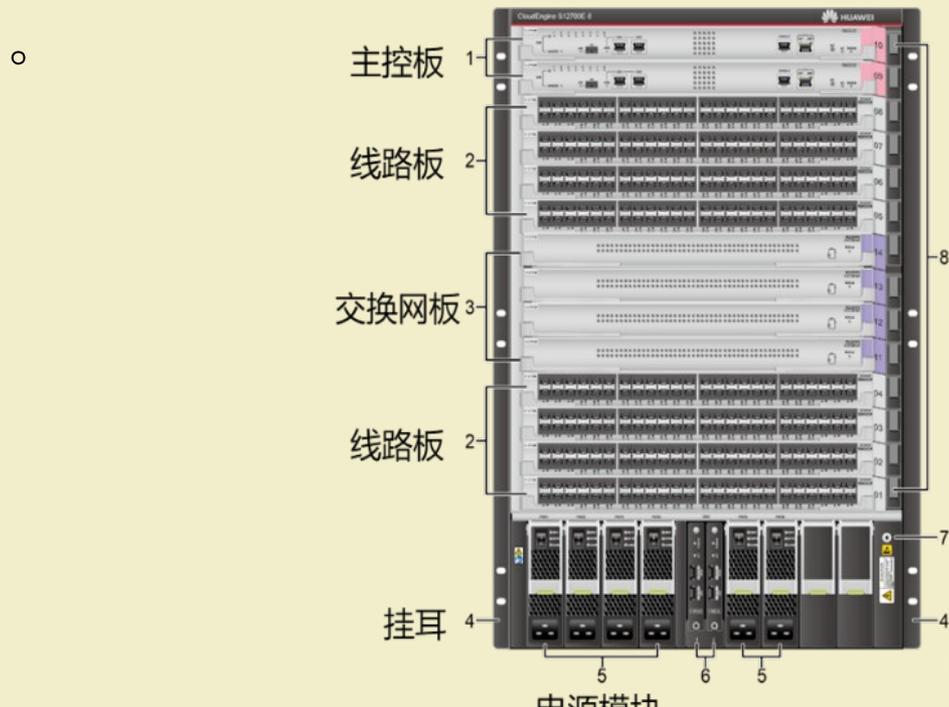
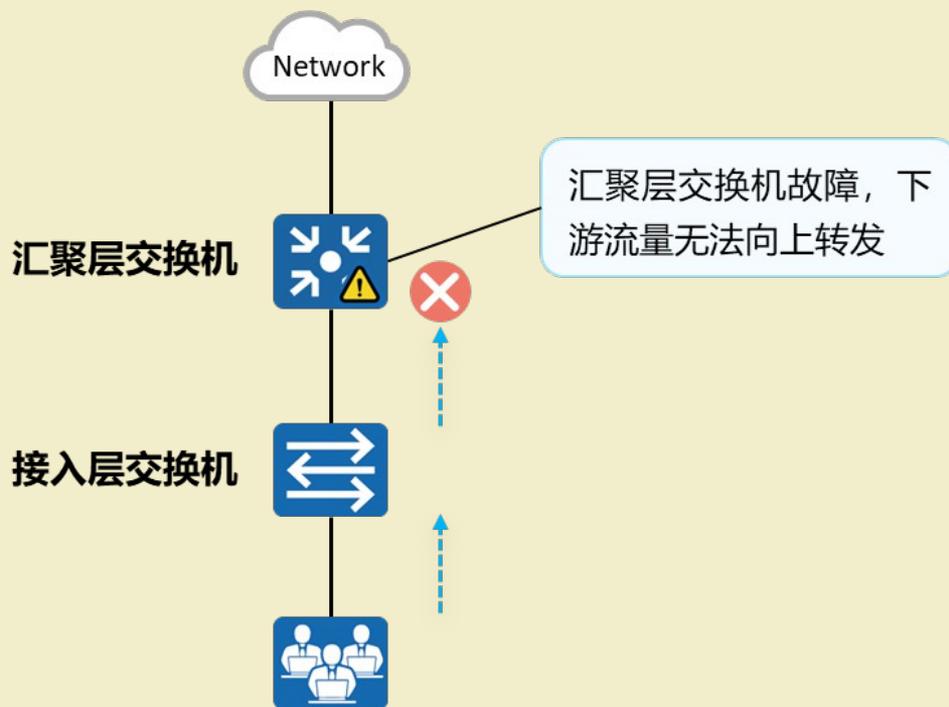


图 5-2 华为 S12700E-8 交换机

2. 设备可靠性

在设备无冗余设计的网络中，如下图所示。下游交换机采用单上行接入，上行交换机的接口故障或设备故障会导致下游网络全部中断。



而在设备冗余设计的网络中，如下图所示。下游交换机双上行接入，采用链路一主一备的方式，主链路上行接口、设备故障可以切换到备份链路，通过备份设备转发。

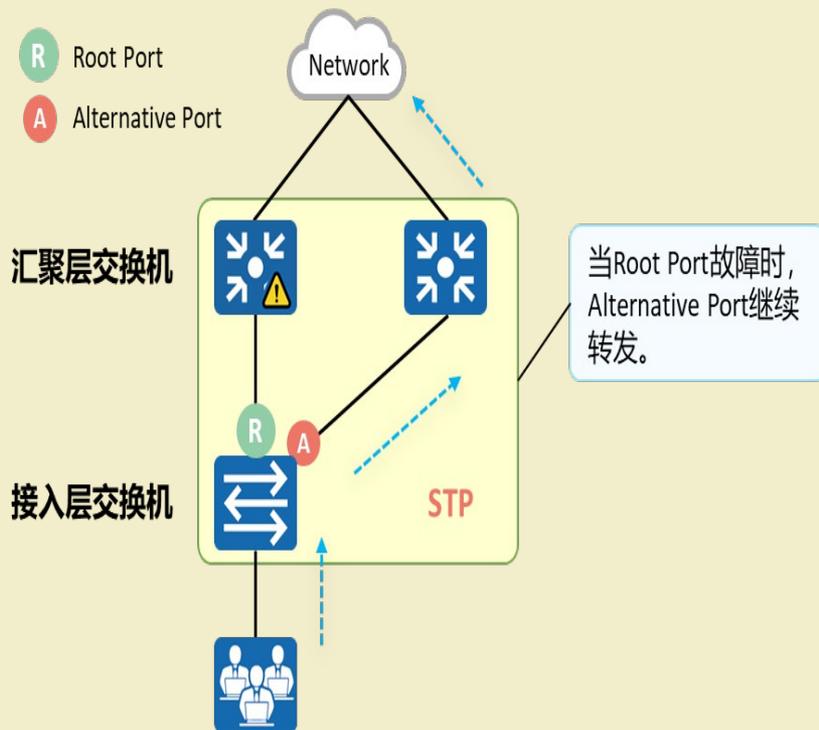


图 5-4 主备备份网络

3. 链路可靠性

为保证设备间链路可靠性，在设备间部署多条物理线路，为防止环路 STP 只保留一条链路转发流量，其余链路成为备份链路。

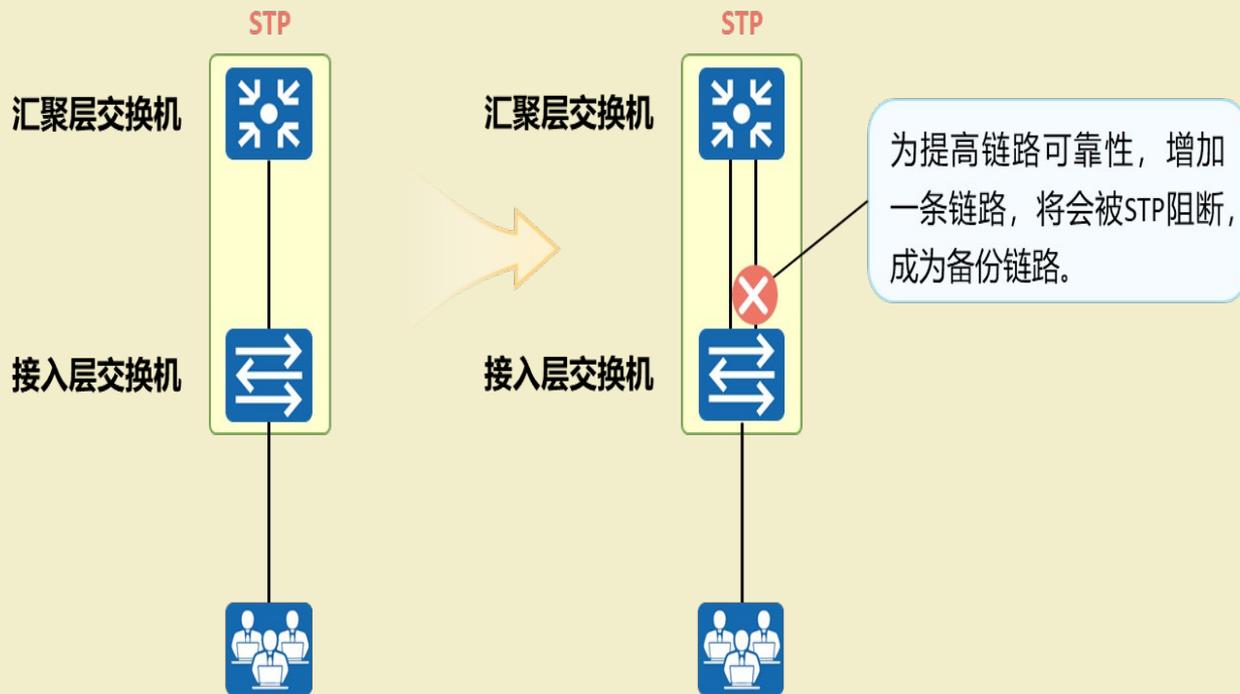


图 5-5 链路可靠性网络

从上图 5-5 可以看出，当设备之间存在多条链路时，由于 STP 的存在，实际只会有一条链路转发流量，设备间链路带宽无法得到提升。

那么如何实现在不进行硬件升级的条件下，达到提升流量利用率和增加链路带宽的目的呢？答案就是使用“链路聚合技术”。与 STP 相比，链路聚合技术主要有以下三个优势：

1. 增加带宽：链路聚合能够提高链路带宽。理论上，通过聚合几条链路，一个聚合口的带宽可以扩展为所有成员口带宽的总和，这样就有效地增加了逻辑链路的带宽。
2. 提高可靠性：配置了链路聚合后，如果一个成员接口发生故障时，该成员接口的物理链路会把流量切换到另一条成员链路上，从而提高链路聚合接口的可靠性。

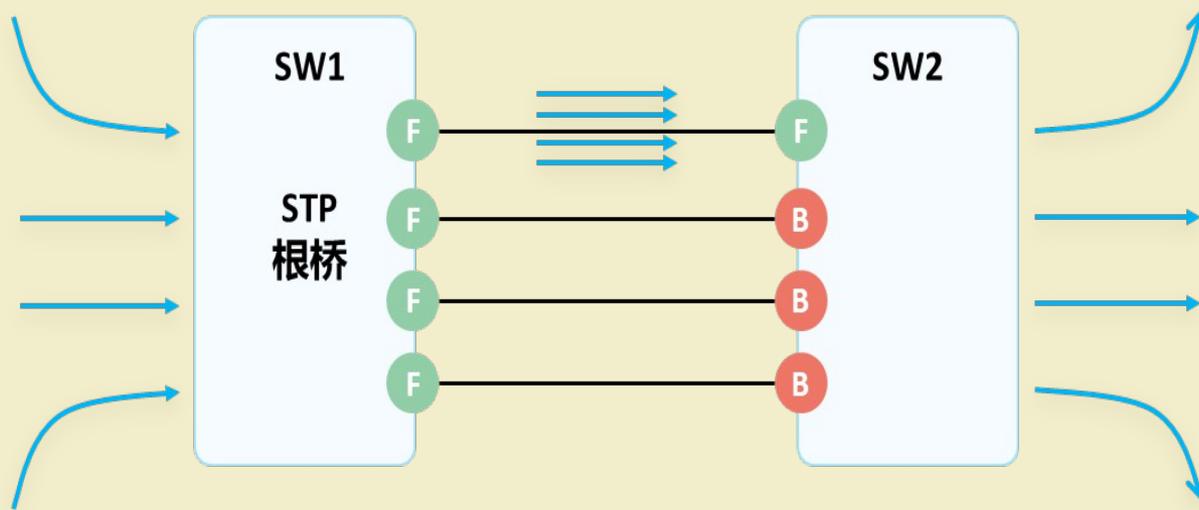
3. 负载均衡：链路聚合还可以在一个聚合口上实现负载均衡，一个聚合口可以把流量分散的多个不同的成员口上，通过成员链路把流量发送到一个目的地，将网络产生的拥塞的可能性降到最低。

接下来，我们将通过学习链路聚合技术的原理、相关配置命令等知识内容，进而完成不同场景下链路聚合技术的应用部署与实现。

5.1 链路聚合技术原理

我们知道，设备之间存在多条链路时，由于 STP 的存在，实际只会有一条链路转发流量，设备间链路带宽无法得到提升，如下图所示。

- F 转发流量的接口
- B STP阻塞端口，不转发流量



那么能否将上面两台交换机之间的 4 条物理链路聚合在一起，当作一条逻辑链路来使用，从而达到既增加了链路带宽又提高了设备之间链路可靠性的目的呢？实现这些功能的技术就是本项目要学习的链路聚合技术。

链路聚合，又称为以太网链路聚合 Eth-Trunk，它通过将多条以太网物理链路捆绑在一起成为一条逻辑链路，从而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间的动态备份，可以有效地提高链路的可靠性。

F 转发流量的接口

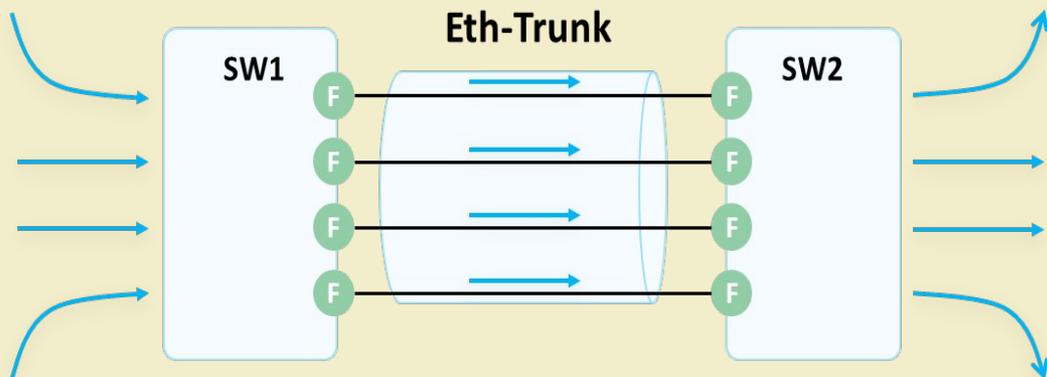


图 5-7 链路聚合技术

一、链路聚合基本术语

1. 聚合组（ Link Aggregation Group ， LAG ）：若干条链路捆绑在一起所形成的逻辑链路。每个聚合组唯一对应着一个逻辑接口，这个逻辑接口又被称为链路聚合接口或 Eth-Trunk 接口。聚合组可分为：二层聚合组和三层聚合组。

二层聚合组：只包含二层以太网端口，随着二层聚合端口的创建自动生成的。

三层聚合组：只包含三层以太网端口，随着三层聚合端口的创建自动生成的。

2. 成员接口和成员链路：组成 Eth-Trunk 接口的各个物理接口称为成员接口。成员接口对应的链路称为成员链路。

3. 活动接口和活动链路：活动接口又叫选中（ Selected ）接口，是参与数据转发的成员接口。活动接口对应的链路被称为活动链路（ Active link ）。

4. 非活动接口和非活动链路：又叫非选中（ Unselected ）接口，是不参与转发数据的成员接口。非活动接口对应的链路被称为非活动链路（ Inactive link ）。

5. 聚合模式：根据是否开启 LACP（ Link Aggregation Control Protocol，链路聚合控制协议），链路聚合可以分为手工模式和动态协商模式。

6. 活动接口上限阈值和配置最小活动接口数

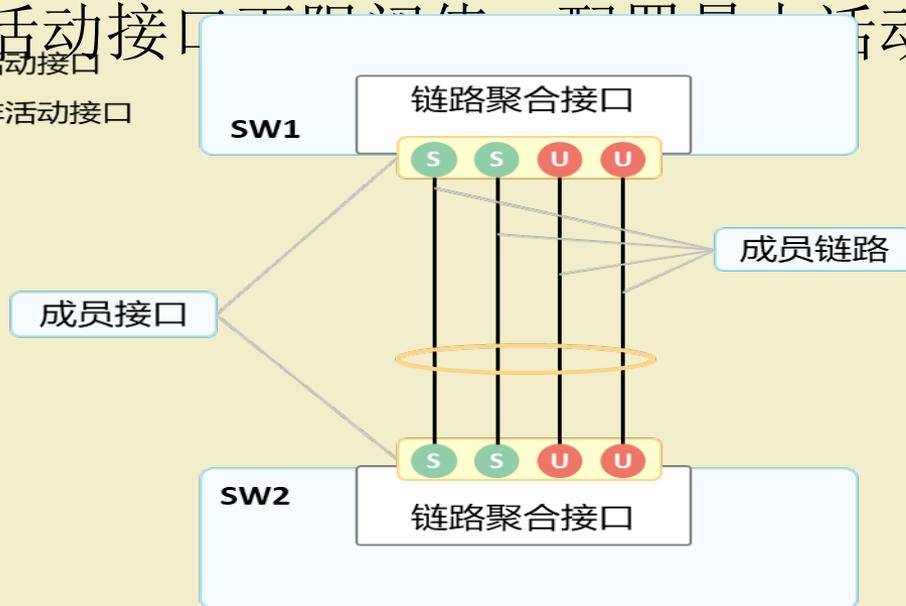


图 5-8 链路聚合接口类型

链路聚合接口可以作为普通的以太网接口来使用，与普通以太网接口的差别在于：转发的时候链路聚合组需要从成员接口中选择一个或多个接口来进行数据转发。

在一个聚合组内，要求成员接口以下参数相同：

接口速率

双工模式

VLAN 配置：接口类型都是 Trunk 或者 Access ，如果为 Access 接口的 default VLAN 需要一致，如果为 Trunk 接口，接口放行的 VLAN 、缺省 VLAN 需要一致。

二、链路聚合建立模式

（一）手工模式

手工模式：在一台设备上手工创建出 Eth-Trunk ，然后根据自己的需求将多条连接同一台交换机的端口都添加到这个 Eth-Trunk 中，然后再在对端设备上执行对应的操作。设备间不会就建立 Eth-Trunk 而交互信息。

正常情况下所有链路都是活动链路，该模式下所有活动链路都参与数据的转发，平均分担流量，如果某条活动链路故障，链路聚合组自动在剩余的活动链路中平均分担流量。当聚合的两端设备中存在不支持 LACP 协议的设备（如陈旧设备或低端设备）时，可以使用手工模式。

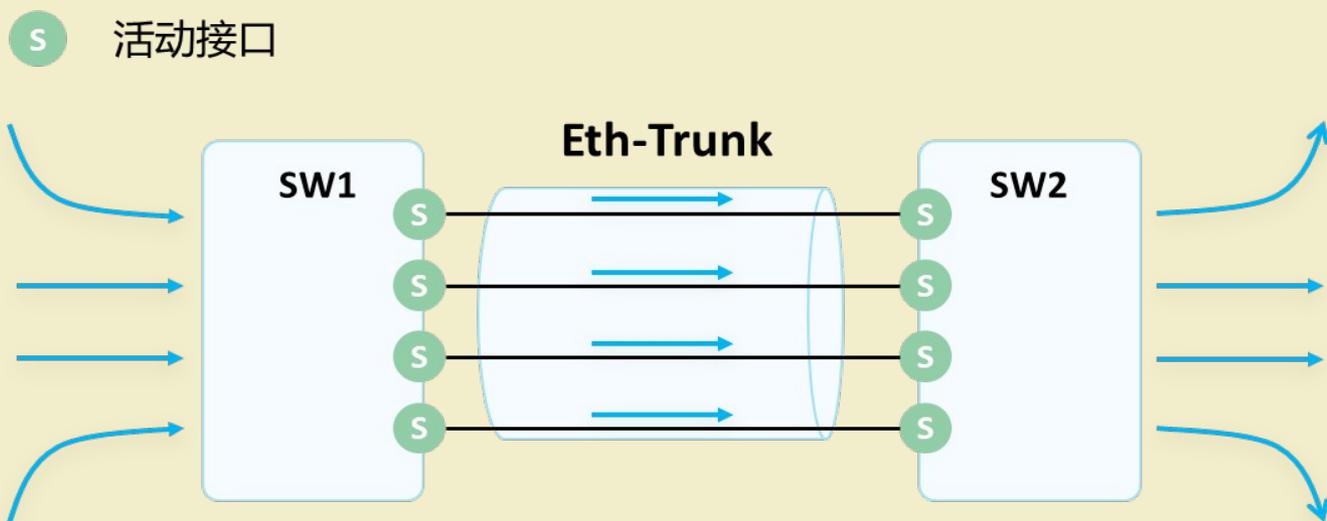


图 5-9 手工模式配置链路聚合

手工模式配置的缺陷：

1. 为了使链路聚合接口正常工作，必须保证本端链路聚合接口中所有成员接口的对端接口满足：属于同一设备，加入同一链路聚合接口。
2. 手工模式下，设备间没有报文交互，因此只能通过管理员人工确认。
3. 手动模式下，设备只能通过物理层状态判断对端接口是否正常工作。

（二）动态协商模式

动态协商模式，又称 LACP 模式，是采用 LACP 协议的一种链路聚合模式。设备间通过链路聚合控制协议数据单元（Link Aggregation Control Protocol Data Unit，LACPDU）进行交互，通过协议协商确保对端是同一台设备、同一个聚合接口的成员接口。

LACPDU 报文中包含设备优先级、MAC 地址、接口优先级、接口号等字段信息。



图 5-10 LACP 模式配置链路聚合

1. 系统优先级

LACP 模式下，两端设备所选择的活跃接口数目必须保持一致，否则链路聚合组就无法建立。此时可以使其中一端成为主动端，另一端（被动端）根据主动端选择活跃接口。

通过系统 LACP 优先级确定主动端，值越小优先级越高。系统 LACP 优先级默认 32768，越小越优，通常保持默认。当优先级一致时，LACP 会通过比较 MAC 地址选择主动端，MAC 地址越小越优。

2. 接口优先级

选出主动端后，两端都会以主动端的接口优先级来选择活跃接口，优先级高的接口将优先被选为活跃接口。接口 LACP 优先级值越小，优先级越高。接口 LACP 优先级默认为 32768，越小越优，通常保持默认，当优先级一致时 LACP 会通过接口编号选择活跃接口，越小越优。

3. 最大活动接口数

LACP 模式支持配置最大活动接口数目，当成员接口数目超过最大活动接口数目时会通过比较接口优先级、接口号选举出较优的接口成为活动接口，其余的则成为备份端口（非活动接口），同时对应的链路分别成为活动链路、非活动链路。交换机只会从活动接口中发送、接收报文。如图 5-11 所示。

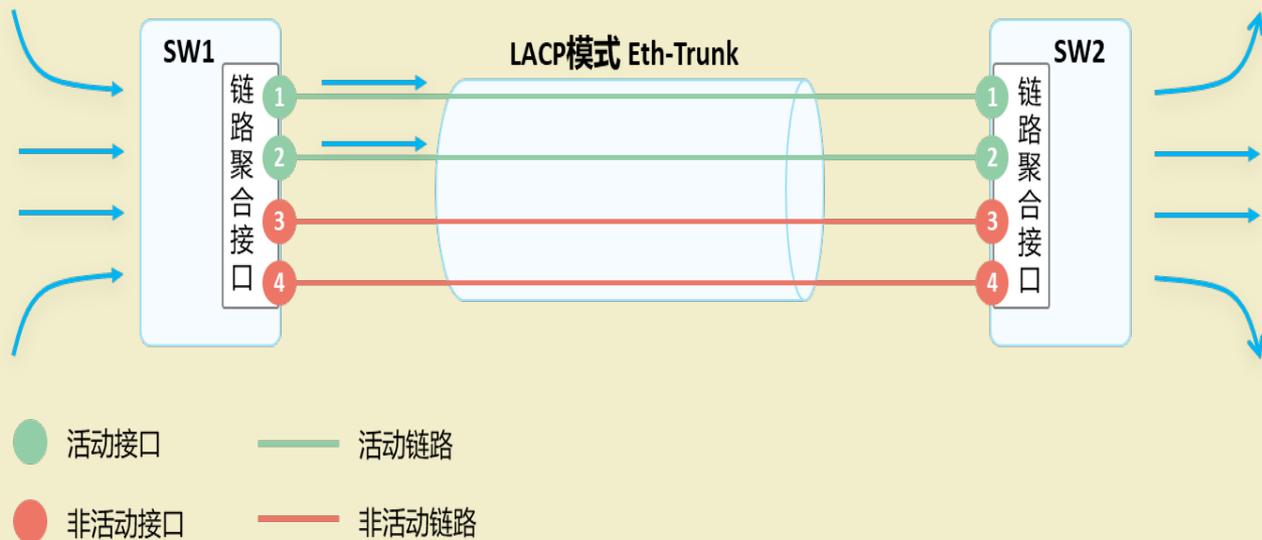


图 5-11 活动接口与非活动接口

当活动链路中出现链路故障时，可以从非活动链路中找出一条优先级最高（接口优先级、接口编号比较）的链路替换故障链路，实现总体带宽不发生变化、业务的不间断转发。

4. 活动链路选举

如图 5-12 所示，SW1、SW2 配置 LACP 模式的链路聚合。两端都设置最大活跃接口数为 2。通过 LACPDU 选举出优先级较高的交换机 SW1，作为 LACP 协商过程的主动端。

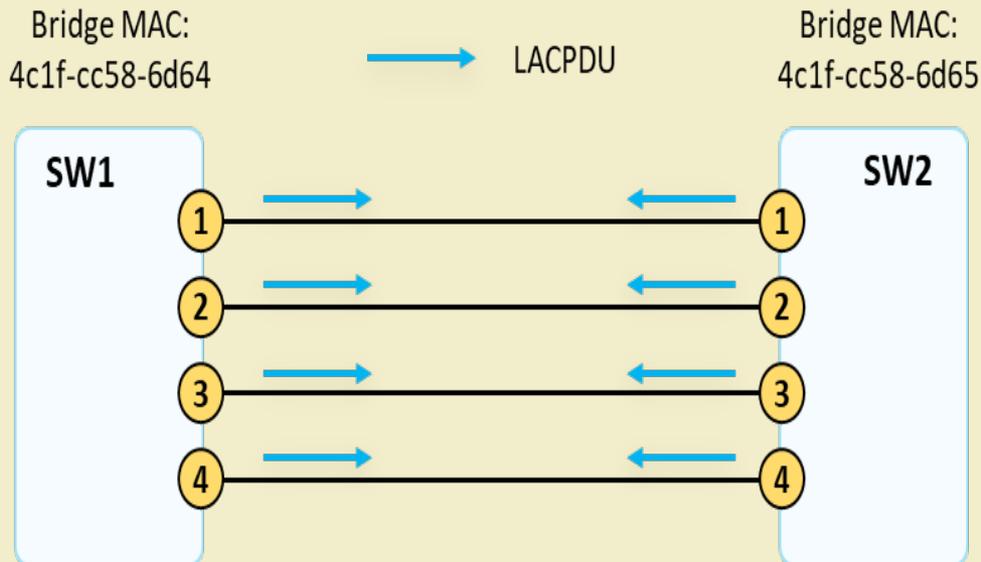


图 5-12 活动链路选举

(1) SW1、SW2 配置 LACP 模式的链路聚合，将四个接口加入 Eth-Trunk 中，接口编号分别为 1、2、3、4。SW1、SW2 配置 Eth-Trunk 最大活动接口数目为 2，其余配置保持默认（系统优先级、接口优先级）。

(2) SW1、SW2 分别从成员接口 1、2、3、4 对外发送 LACPDU。

(3) SW1、SW2 收到对端发送的 LACPDU，比较系统优先级，都为默认的 32768，继续比较 MAC 地址，SW1 MAC：4c1f-cc58-6d64，SW2 MAC：4c1f-cc58-6d65，SW1 拥有更小的 MAC 地址，优选成为 LACP 选举的主动端。

SW1 在本端通过比较接口优先级、接口编号选举出活动接口，其中 1、2 号接口在相同的接口优先级下拥有更小的接口编号，成为活动接口。

SW1 通过 LACPDU 将本端活动端口选举结果告知对端。



相关知识

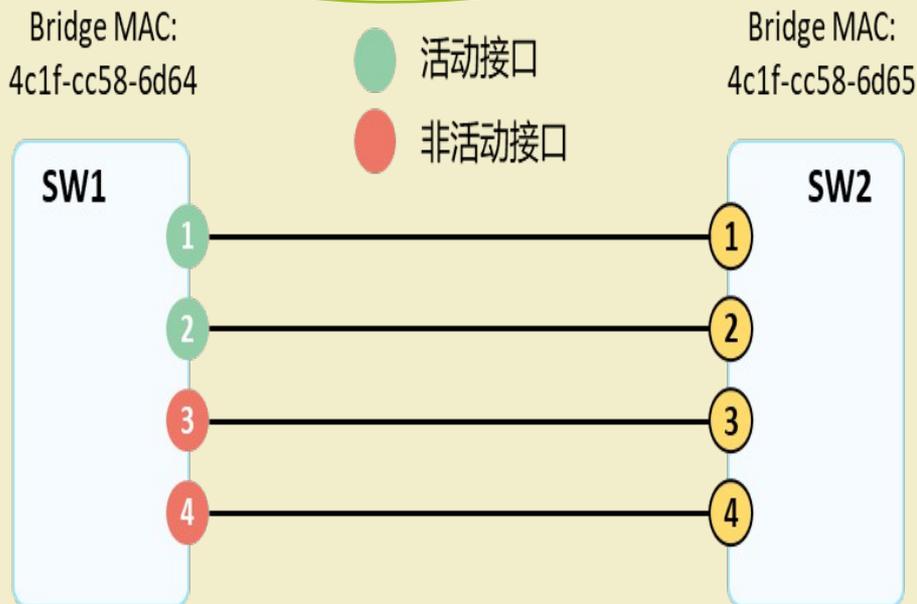


图 5-13 活动接口选举

LACP 通过 LACPDU 中的三个 flags 来标识该端口的状态，如果是活跃端口，如下三个 flags 的值将会是 1；如果是非活跃端口，该三个 flags 字段的值将为 0。

Synchronization

Collecting

Distributing

三、负载分担

1. 负载分担分类

负载分担分为基于包的负载分担和基于流的负载分担。

(1) 基于包的负载分担

在使用 Eth-Trunk 转发数据时，由于聚合组两端设备之间有多条物理链路，如果每个数据帧在不同的链路上转发，则有可能导致数据帧到达对端时间不一致，从而引起数据乱序。

S 活动接口

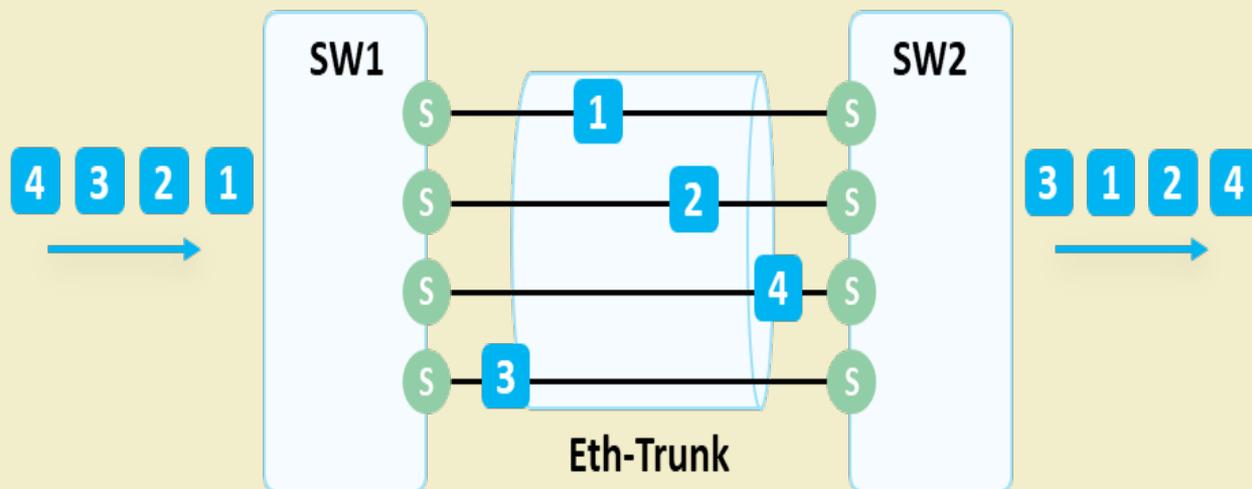


图 5-15 基于包的负载分担

2. 负载分担模式

Eth-trunk 支持基于报文的 IP 地址或 MAC 地址来进行负载分担，可以配置不同的模式（本地有效，对出方向报文生效）将数据流分担到不同的成员接口上。

常见的模式有：源 IP、源 MAC、目的 IP、目的 MAC、源目 IP、源目 MAC。

实际业务中用户需要根据业务流量特征选择配置合适的负载分担方式。业务流量中某种参数变化越频繁，选择与此参数相关的负载分担方式就越容易实现负载均衡。包括具有合适的负载分担算法的源目 IP 模式、不合适的负载分担算法的源目 MAC 模式。

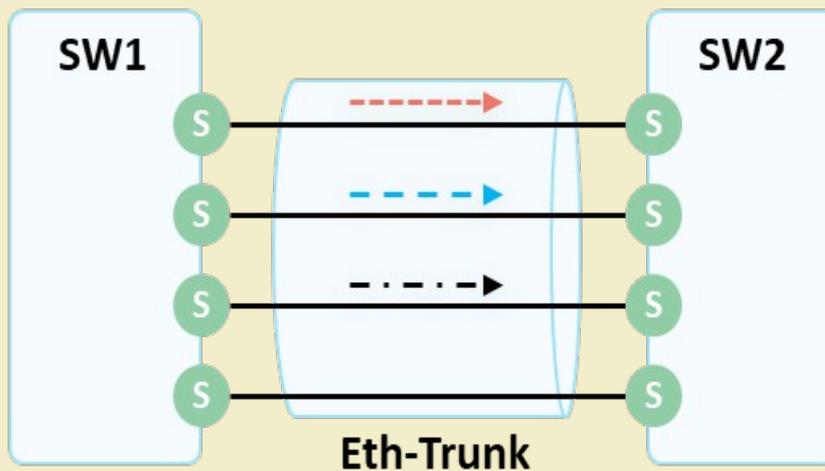
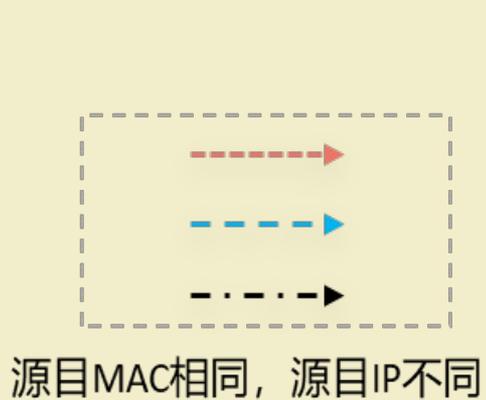


图 5-17 采用源目 IP 模式

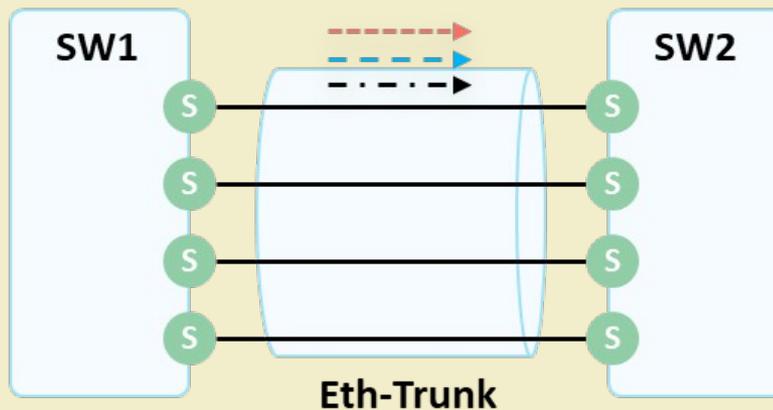
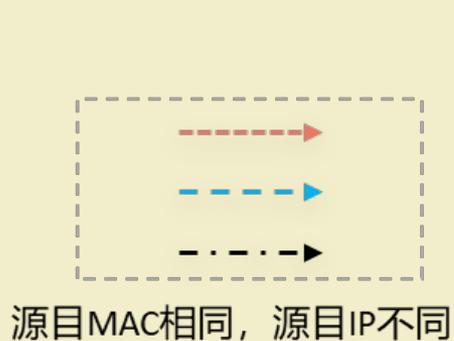


图 5-18 采用源目 MAC 模式

如果报文的 IP 地址变化较频繁，那么选择基于源 IP、目的 IP 或者源目 IP 的负载分担模式更有利于流量在各物理链路间合理的负载分担；

如果报文的 MAC 地址变化较频繁，IP 地址比较固定，那么选择基于源 MAC、目的 MAC 或源目 MAC 的负载分担模式更有利于流量在各物理链路间合理的负载分担。

如果负载分担模式选择的和实际业务特征不相符，可能会导致流量分担不均，部分成员链路负载很高，其余的成员链路却很空闲，如在报文源目 IP 变化频繁但是源目 MAC 固定的场景下选择源目 MAC 模式，那将会导致所有流量都分担在一条成员链路上。

四、典型应用场景

1. 交换机之间

为保证交换机之间的链路带宽以及可靠性，可以在交换机之

如果报文的 IP 地址变化较频繁，那么选择基于源 IP、目的 IP 或者源目 IP 的负载分担模式更有利于流量在各物理链路间合理的负载分担；

如果报文的 MAC 地址变化较频繁，IP 地址比较固定，那么选择基于源 MAC、目的 MAC 或源目 MAC 的负载分担模式更有利于流量在各物理链路间合理的负载分担。

如果负载分担模式选择的和实际业务特征不相符，可能会导致流量分担不均，部分成员链路负载很高，其余的成员链路却很空闲，如在报文源目 IP 变化频繁但是源目 MAC 固定的场景下选择源目 MAC 模式，那将会导致所有流量都分担在一条成员链路上。

四、典型应用场景

1. 交换机之间

为保证交换机之间的链路带宽以及可靠性，可以在交换机之

如果报文的 IP 地址变化较频繁，那么选择基于源 IP、目的 IP 或者源目 IP 的负载分担模式更有利于流量在各物理链路间合理的负载分担；

如果报文的 MAC 地址变化较频繁，IP 地址比较固定，那么选择基于源 MAC、目的 MAC 或源目 MAC 的负载分担模式更有利于流量在各物理链路间合理的负载分担。

如果负载分担模式选择的和实际业务特征不相符，可能会导致流量分担不均，部分成员链路负载很高，其余的成员链路却很空闲，如在报文源目 IP 变化频繁但是源目 MAC 固定的场景下选择源目 MAC 模式，那将会导致所有流量都分担在一条成员链路上。

四、典型应用场景

1. 交换机之间

为保证交换机之间的链路带宽以及可靠性，可以在交换机之间部署多条物理链路并使用 Eth-Trunk。

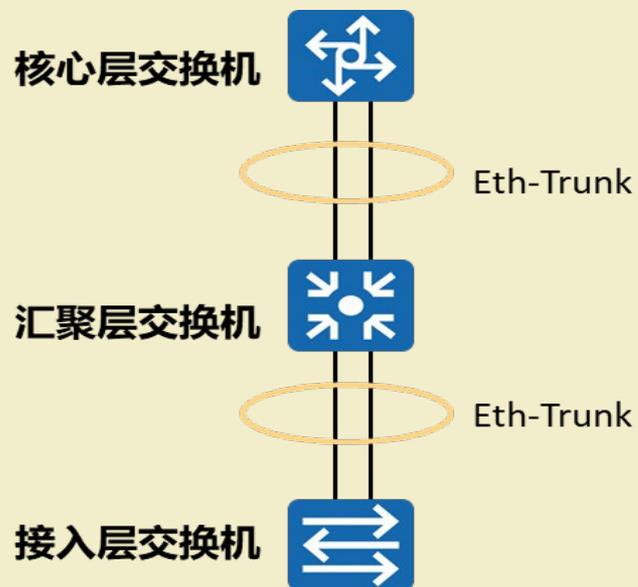


图 5-19 交换机之间使用链路聚合

2. 交换机与服务器之间

为了提高服务器的接入带宽和可靠性，将两个或者更多的物理网卡聚合成一个网卡组，与交换机建立链路聚合。

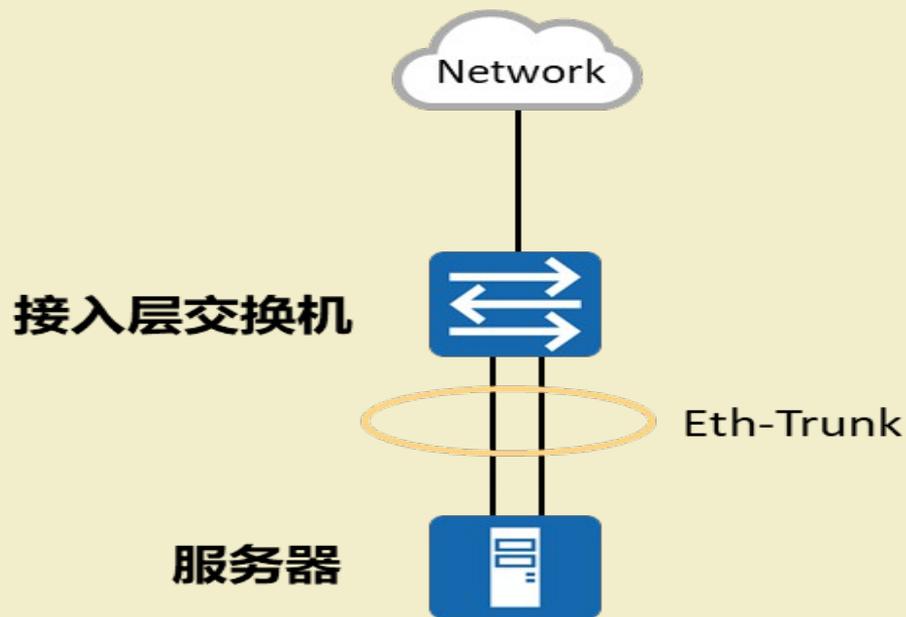


图 5-20 交换机与服务器之间使用链路聚合

3. 交换机与堆叠系统

堆叠系统使得两台交换机成为一台逻辑上的设备，交换机与堆叠系统通过链路聚合互联可以组建高可靠、无环的网络。

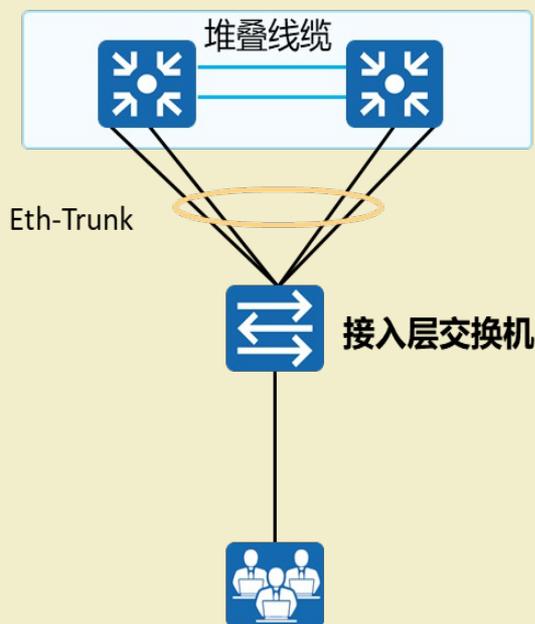


图 5-21 交换机与堆叠系统之间使用链路聚合

4. 防火墙双机热备心跳线

防火墙双机热备组网中使用心跳线来检测对端设备的状态，为防止单端口、单链路故障导致的状态监测错误可以部署 Eth-Trunk，使用 Eth-Trunk 作为检测状态的心跳线。

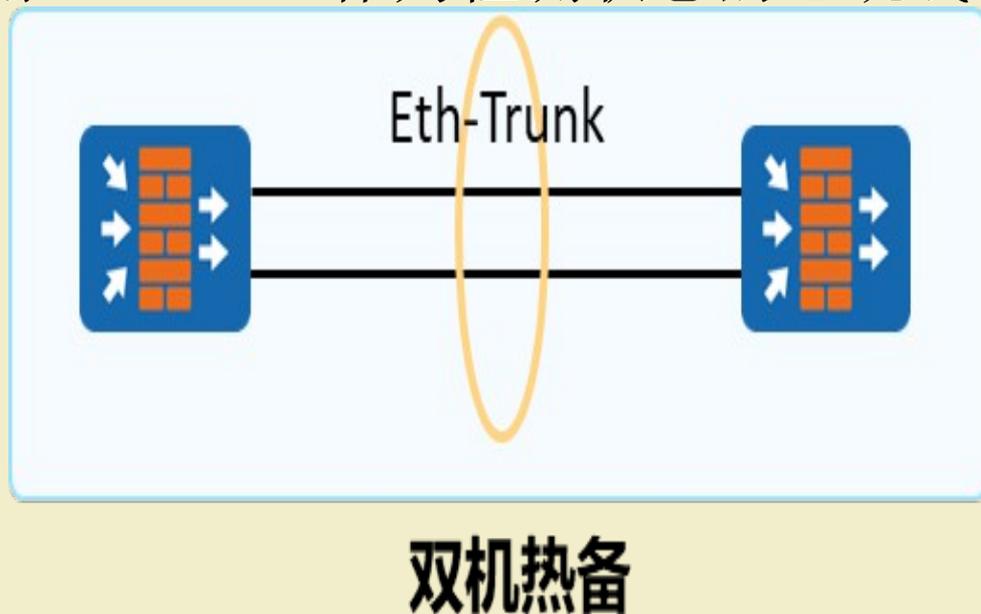


图 5-22 防火墙双机热备心跳线使用链路聚合

五、基本配置命令

1. 创建链路聚合组

```
[Huawei] interface eth-trunk trunk-id
```

创建 Eth-Trunk 接口，并进入 Eth-Trunk 接口视图，trunk-id 为 Eth-Trunk 接口号。

2. 配置链路聚合模式

```
[Huawei-Eth-Trunk1] mode {lacp | manual load-balance }
```

Mode lacp 配置链路聚合模式为 lacp 模式，mode manual load-balance 配置链路聚合模式为手工模式。

注意：需要保持两端链路聚合模式一致。

3. 将接口加入链路聚合组中（以太网接口视图）

```
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1] eth-trunk trunk-id
```

在接口视图下，把物理接口加入到 Eth-Trunk 逻辑接口中

4. 将接口加入链路聚合组中（ Eth-Trunk 视图）

```
[Huawei-Eth-Trunk1] trunkport interface-type { interface-number}
```

在 Eth-Trunk 视图将物理接口加入到链路聚合组中。上面两种方式都可以将接口加入到链路聚合组中。

5. 使能允许不同速率端口加入同一 Eth-Trunk 接口的功能

```
[Huawei-Eth-Trunk1] mixed-rate link enable
```

缺省情况下，设备未使能允许不同速率端口加入同一 Eth-Trunk 接口的功能，只能相同速率的接口加入到同一个 Eth-Trunk 接口中。

6. 配置系统 LACP 优先级

```
[Huawei] lacp priority priority
```

系统 LACP 优先级值越小优先级越高，缺省情况下，系统 LACP 优先级为 32768 。

7. 配置接口 LACP 优先级

[Huawei-GigabitEthernet0/0/1] lacp priority priority

在接口视图下配置接口 LACP 优先级。缺省情况下，接口的 LACP 优先级是 32768。接口优先级取值越小，接口的 LACP 优先级越高。

只有在接口已经加入到链路聚合中才可以配置该命令。

8. 配置最大活动接口数

[Huawei-Eth-Trunk1] max active-linknumber {number}

注意保持本端和对端的最大活动接口数一致，只有 LACP 模式支持配置最大活动接口数。

9. 配置最小活动接口数

[Huawei-Eth-Trunk1] least active-linknumber {number}

本端和对端设备的活动接口数下限阈值可以不同，手动模式、LACP 模式都支持配置最小活动接口数。配置最小活动接口数目的是为了保证最小带宽，当前活动链路数目小于下限阈值时

六、案例分析

某园区网接入层有两个交换机 SW1 和 SW2，网络拓扑如下图所示，需要满足：

1. SW1、SW2 都连接着 VLAN10、VLAN20 的网络。
2. SW1 和 SW2 之间通过两根以太网链路互联，为了提供链路冗余以及保证传输可靠性，在 SW1、SW2 之间配置手工模式的链路聚合。

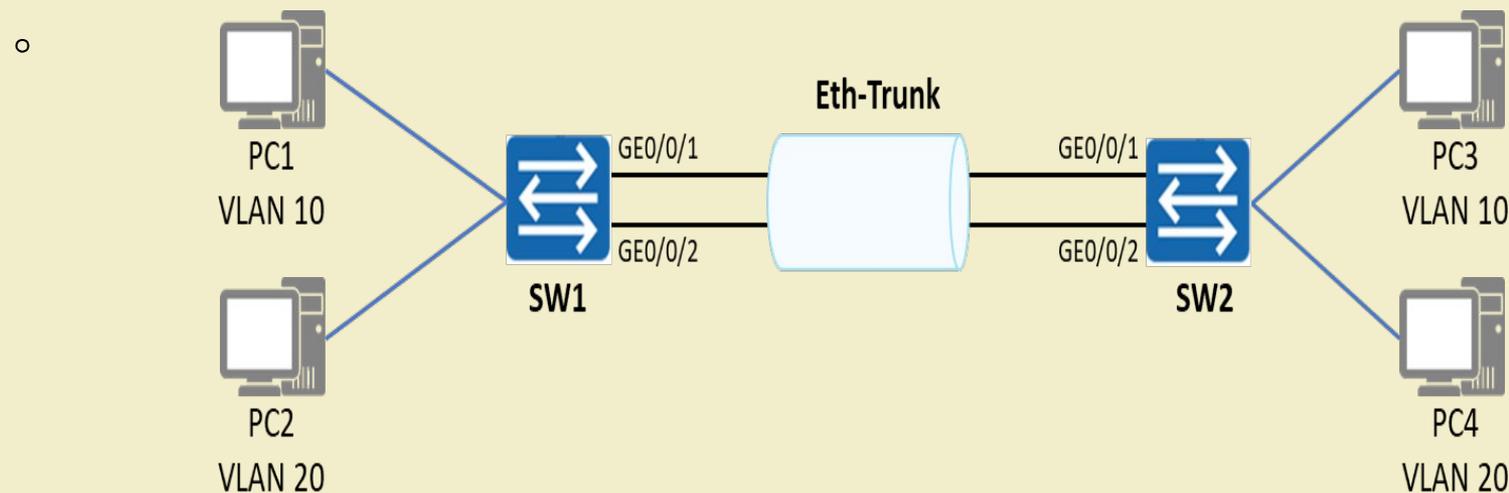


图 5-23 手工模式的链路聚合配置示例

交换机链路聚合配置如下， VLAN 配置略。

#SW1 的链路聚合配置：

```
[SW1] interface eth-trunk 1
```

```
[SW1-Eth-Trunk1] trunkport gigabitethernet 0/0/1 to 0/0/2
```

```
[SW1-Eth-Trunk1] port link-type trunk
```

```
[SW1-Eth-Trunk1] port trunk allow-pass vlan 10 20
```

#SW2 的链路聚合配置：

```
[SW2] interface eth-trunk 1
```

```
[SW2-Eth-Trunk1] trunkport gigabitethernet 0/0/1 to 0/0/2
```

```
[SW2-Eth-Trunk1] port link-type trunk
```

```
[SW2-Eth-Trunk1] port trunk allow-pass vlan 10 20
```

Down 。

5.2 交换机堆叠

一、堆叠概述

堆叠（iStack）：是指将多台支持堆叠特性的交换机通过堆叠线缆连接在一起，从逻辑上变成一台交换设备，作为一个整体参与数据转发。

1. 堆叠类型

（1）集群交换系统（Cluster Switch System，CSS）

将两台支持集群特性的交换机设备组合在一起，从逻辑上组合成一台交换设备，CSS 集群只支持两台交换机。如图 5-24 所示。

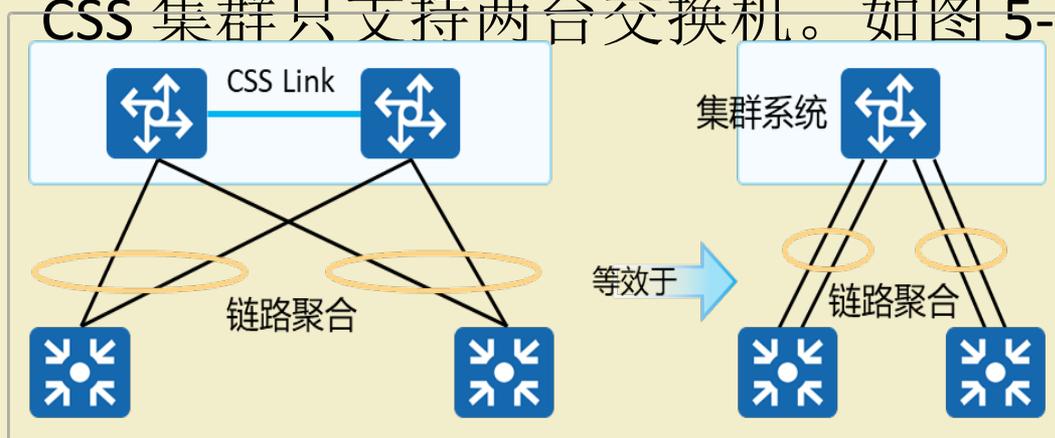


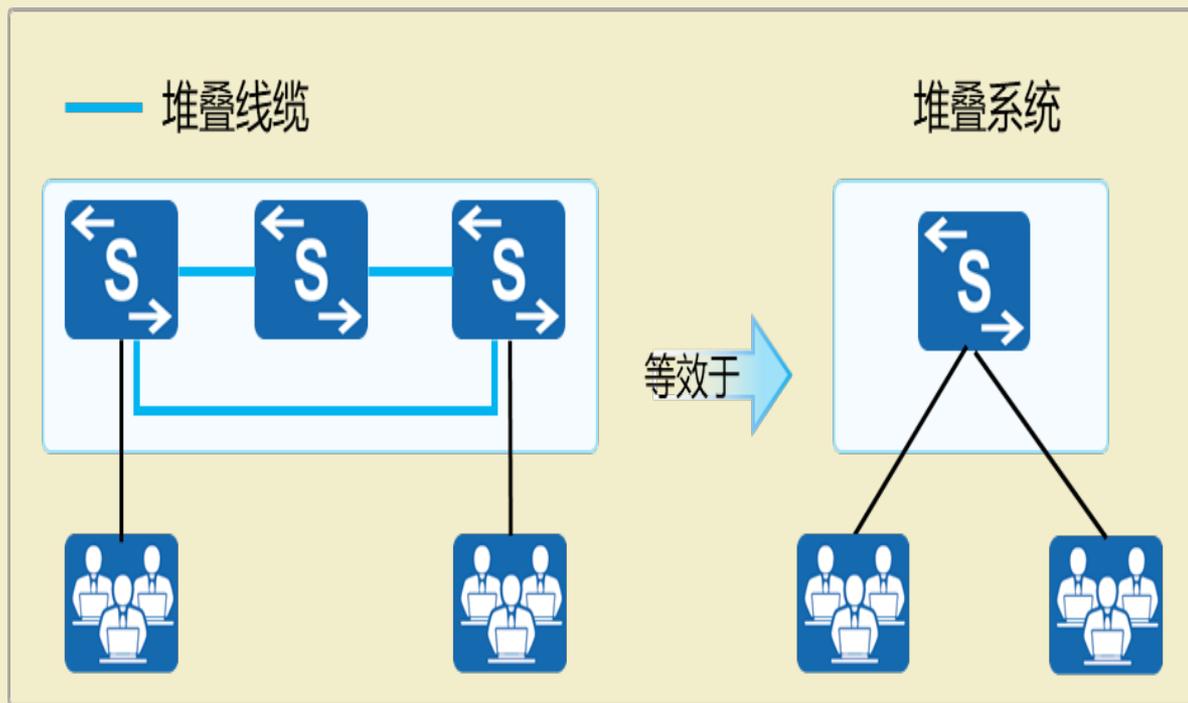
图 5-24 集群 CSS

(2) 智能堆叠 (Intelligent Stack , iStack) 。 iStack 最多支持 9 台交换机做堆叠。如图 5-25 所示。



相关知识

(2) 智能堆叠 (Intelligent Stack , iStack) 。 iStack 最多支持 9 台交换机做堆叠。如图 5-25 所示。



2. 堆叠拓扑结构

（1）环形连接：环形连接拓扑结构是指堆叠成员交换机通过堆叠端交叉相连形成一个“环”形结构，图 5-25 所示的拓扑结构就是环形结构。

（2）链形连接：链形堆叠中处于链两端的交换机只使用一个堆叠端口与邻居交换机相连，最终形成一个“链条”形结构，类似于交换机“级联”结构。

环形堆叠比链形堆叠可靠性更高，因为当链形堆叠中的链路出现故障时会引起堆叠分裂，导致堆叠失败；而当环形堆叠中某条链路出现故障时会形成链形连接，不会影响整体堆叠的业务。所以，在实际部署业务时，环形堆叠最为常见。

二、堆叠的优势

1. 交换机多虚一：堆叠交换机对外表现为一台逻辑交换机，控制平面合一，统一管理。
2. 转发平面合一：堆叠内物理设备转发平面合一，转发信息共享并实时同步。
 - （1）逻辑上一台设备，简化运维，方便管理。
 - （2）一台物理设备故障，其他设备可以接管转发、控制平台，避免了单点故障。
3. 跨设备链路聚合：跨物理设备的链路被聚合成一个 Eth-Trunk 端口，与下游设备实现互联，可以提高链路级联带宽。
 - （1）跨设备的链路聚合，物理上的无环网络，无需再部署 STP。
 - （2）链路聚合中的链路全部有效使用，链路利用率 100%

三、典型应用场景

堆叠方式比传统的级联方式优势明显，因为专门的堆叠模块能够提供 10Gbit/s 甚至更高的互联带宽，带宽的优势是企业组网采用堆叠技术的一个重要原因。因此，堆叠技术主要应用于接入端口密度要求较高，且需要统一管理与维护多台交换机的场景。

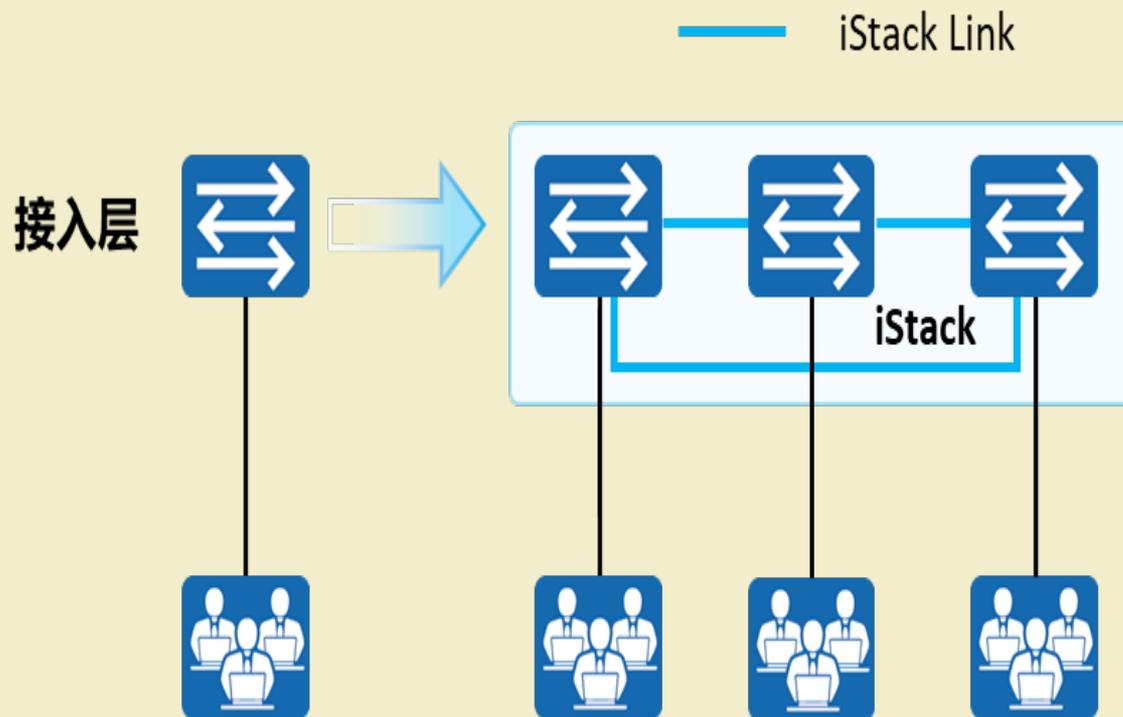
智能堆叠 iStack 技术适用于华为 S6700、S5700 和 S3700 等中低端交换机。集群交换系统 CSS 技术适用于华为 S9700、S9300 和 S7700 等高端交换机。典型应用有：

1. 扩展端口

当接入的用户数增加到原交换机端口密度不能满足接入需求时，可以增加新交换机与原交换机组成堆叠系统扩展端口数量。

1. 扩展端口

当接入的用户数增加到原交换机端口密度不能满足接入需求时，可以增加新交换机与原交换机组成堆叠系统扩展端口数量。



2. 扩展带宽、冗余备份

需要增大交换机上行带宽时，可以增加新交换机与原交换机组成堆叠系统，将成员交换机的多条物理链路配置成一个聚合组，提高交换机的上行带宽，同时形成设备间备份和链路的跨设备冗余备份，增加可靠性。

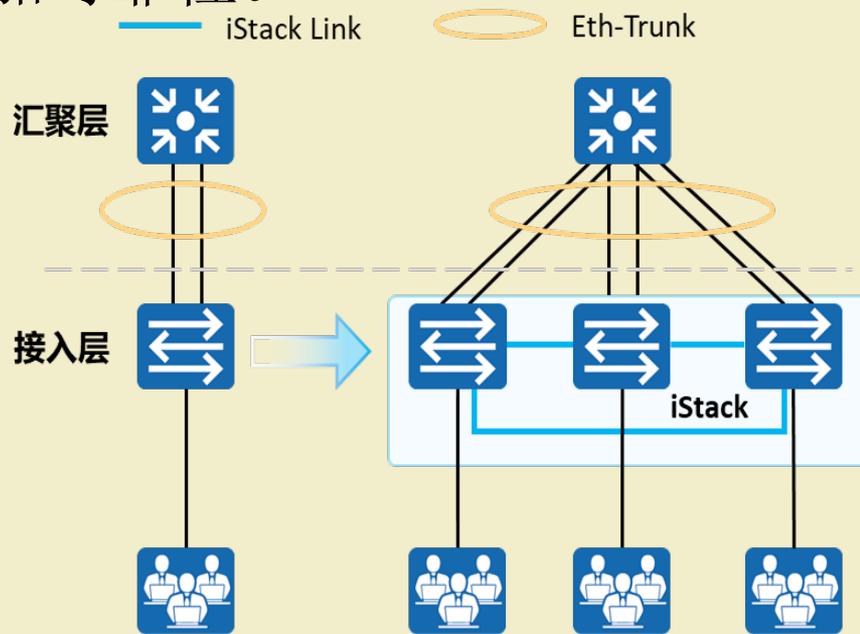


图 5-27 扩展带宽、冗余备份

两台设备组成集群，虚拟成单一的逻辑设备。简化后的组网不再需要使用 MSTP、VRRP 等协议，简化了网络配置，同时依靠跨设备的链路聚合，实现快速收敛，提高了可靠性。

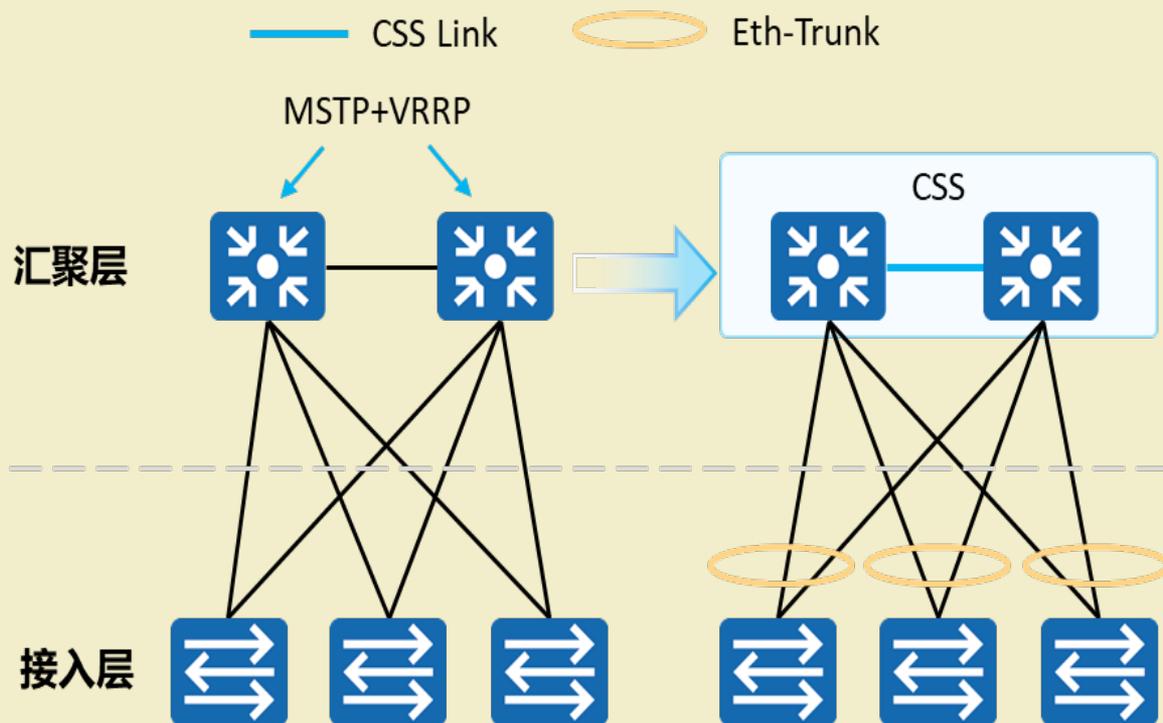
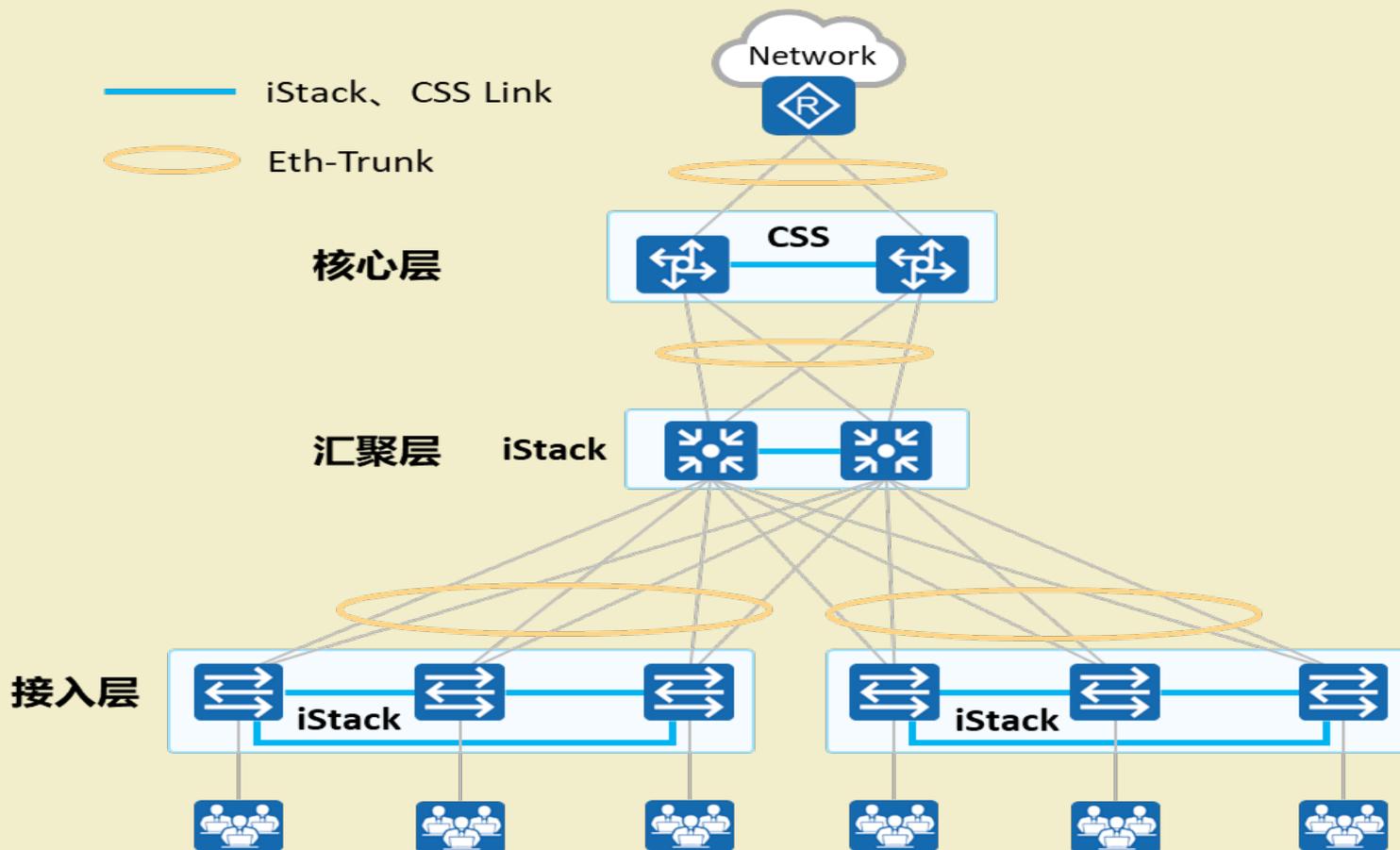


图 5-28 单一逻辑设备

3. 典型网络架构



（1）接入层

- ① 地理位置接近的接入设备（如一个楼宇内的接入交换机）使用 iStack 虚拟化成为一台逻辑上的设备，端口数量充足，简化了管理。
- ② 使用 Eth-Trunk 和汇聚层互联，逻辑上网络结构简单，不再需要使用 STP、VRRP。具有高可靠性、高上行带宽、快速收敛的优势。

（2）汇聚层：汇聚交换机采用 iStack 组网，上下行采用 Eth-Trunk，构建高可靠、无环的网络。

（3）核心层：核心交换机使用 CSS 集群组网，上下行采用 Eth-Trunk，构建高可靠、无环的网络。

四、堆叠技术原理

1. 堆叠交换机的角色

（1）主交换机（**Master**）：负责管理整个堆叠系统，一个堆叠系统中有且只有一个主交换机。

（2）备交换机（**Standby**）：充当主交换机的备份角色，负责在主交换机故障时接替其所有业务，一个堆叠系统中有且只有一个备交换机。

（3）从交换机（**Slave**）：负责业务转发，一个堆叠系统中的从交换机越多，转发能力越强，除了主、备交换机外的所有成员交换机都是从交换机。

2. 主交换机选举规则

（1）首先比较交换机的运行状态，最先处于启动状态的交换机将被选举为主交换机；

（2）如果有多台成员交换机都已处于启动状态，则进行堆叠优先级比较，优先级高的交换机被选举为主交换机；

（3）如果堆叠优先级相同，则 MAC 地址最小的交换机优先被选举为主交换机。

3. 备交换机选举规则

（1）除主交换机外其他各成员交换机中最先处于启动状态的交换机成为备份交换机；

（2）如果有多台除主交换机外的其他交换机同时完成启动时，则堆叠优先级最高的交换机成为备交换机；

（3）若交换机的堆叠优先级相同，则 MAC 地址最小的交换机优先被选举为备交换机。

4. 堆叠的管理与维护

当 iStack 堆叠系统成功建立后，如果主交换机因故障脱离堆叠系统，则备交换机会自动提升为主交换机，然后再由新的主交换机指定新的备交换机，并进行主、备交换机数据同步。堆叠主、备切换，以及堆叠系统 MAC 地址的切换。

（1）管理规则：成员交换机的资源由堆叠主交换机统一管理。

（2）端口管理：加入堆叠后，交换机端口编号采用堆叠 ID/子卡号 / 端口号。

（3）堆叠成员加入

① 如果新加入的交换机本身未形成堆叠，则新加入的交换机会被选为从交换机，堆叠系统中原有主、备角色不变；

② 如果新加入的交换机本身已经形成了堆叠，此时相当于两个堆叠合并。

（4）堆叠成员退出

- ① 主交换机退出：备交换机升级为主交换机，更新堆叠拓扑结构并指定一个新的备交换机；
- ② 备交换机退出：主交换机更新堆叠拓扑结构并指定一个新的备交换机。

（5）堆叠主、备切换和堆叠系统 MAC 地址切换

具体实施过程参考实训报告

【项目总结】

本项目详细介绍了以太网链路聚合技术的原理及应用，主要学习了以下知识内容。

1. 采用链路聚合技术可以在不进行硬件升级的条件下，通过将多个物理接口捆绑为一个逻辑接口，来达到增加链路带宽的目的。在实现增大带宽的同时，链路聚合采用备份链路的机制，可以有效的提高设备之间链路的可靠性，并支持流量的负载分担。
2. 按照聚合方式不同可以分为手工负载均衡模式和静态 LACP 模式。这两种模式的主要区别是：在静态 LACP 模式中，一些链路充当备份链路；在手工负载均衡模式中，所以成员都处于转发状态。
3. 在一个聚合口中，聚合链路两端的物理接口（即成员口）的所有参数必须一致，包括物理口的数量，传输速率，双工模式

和流量控制模式。所有成员可以是二层接口或三层接口。

4. 手工负载均衡模式是指 Eth-Trunk 的建立、成员接口的加入均由手工配置，没有链路聚合控制协议的参与。该模式下所有活动链路都参与数据的转发，平均分担流量，因此称为负载分担模式。如果某条活动链路故障，链路聚合组自动在剩余的活动链路中平均分担流量。当需要在两个直连设备之间提供一个较大的链路带宽而设备不支持 LACP 协议时，可以采用手工负载分担模式。

5. LACP 模式采用 LACPDU 报文协商聚合参数。协商完成后，两台设备确定活动接口和非活动接口。在静态 LACP 模式中，需要手动创建一个 Eth-Trunk 口，并添加成员口。

6. 为保证报文到达的顺序，链路聚合的负载分担采用基于流的形式。

7. 使用 iStack、CSS 技术可以简化网络管理、简化网络结构和提高网络可靠性。



谢谢！

