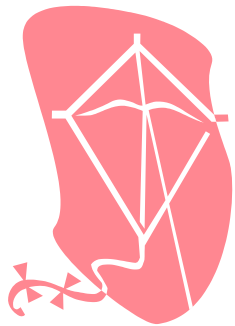


# 第6章

## 高可用性服务

# 无边界网络服务

---



## 高可用性支持 (High-Availability)

Resilient Services

# 高可用性

可用性	每百万故障次数	每年的故障时间
99.000%	10000	3天15小时36分钟
99.500%	5000	1天19小时48分钟
99.900%	1000	8小时46分钟
99.950%	500	4小时23分钟
99.990%	100	53分钟
99.999%	10	5分钟
99.9999%	1	30秒钟

**可靠性**的本质是要求系统能正确执行其处理任务，  
**而可用性**则是指系统处于立即可用状态。

# 定义★

- **MTTR** (Mean Time To Repair, 平均修复时间), MTTR是指修复故障所花费的时间
- **MTBF** (Mean Time Between Failure, 平均无故障时间或平均故障间隔), MTBF是指相邻两次故障之间的平均工作时间。

$$\text{可用性} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

- 降低MTTR、提高MTBF都能提高网络的可用性。

# 串联可用性

## ■ 串联可用性 (Serial Availability)



$S_1, S_2$  - Series Components

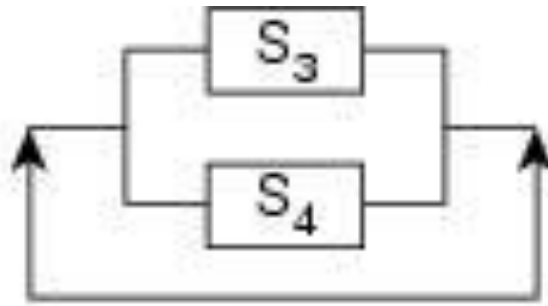
System is available when both components are available:

$$A_{\text{series}} = A_1 \times A_2$$

233825

# 并联可用性

## ■ 并联可用性 (Parallel Availability)



$S_3, S_4$  - Parallel Components

System is unavailable when both components are unavailable:

$$A_{\text{parallel}} = 1 - (1 - A_1) \times (1 - A_2)$$

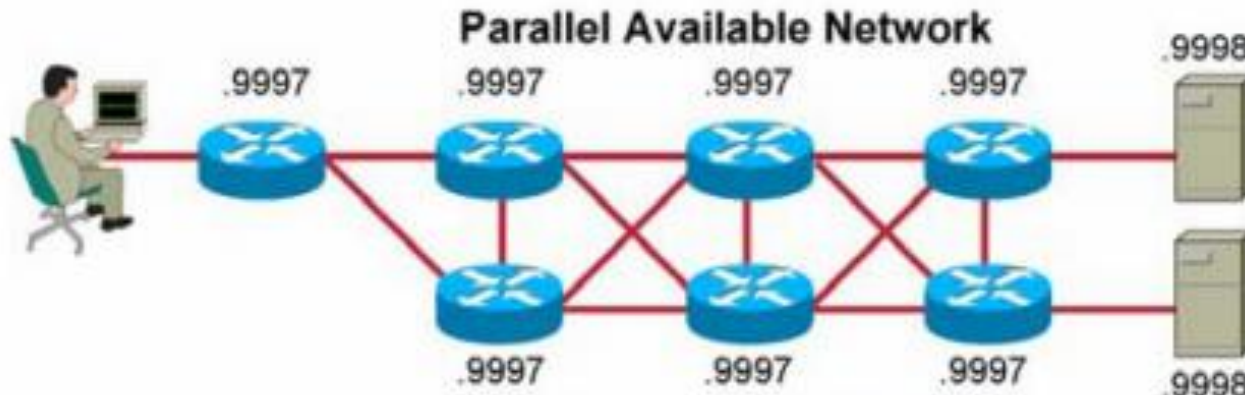
22/38/20

# Design Consideration: Parallel Versus Serial Implementations

Cisco.com



$$A1 = 0.9997^4 * 0.9998 = 0.99860077978$$



## Considerations:

- Device cost
- Port usage
- WAN circuit costs
- Management complexity

$$pa = 1 - (1 - 0.9997)^2 = 0.99999991$$

$$pb = 1 - (1 - 0.9998)^2 = 0.99999996$$

$$A2 = 0.9997 * pa^3 * pb = 0.999699690093$$



# 冗余方法★

## ■ 常用的冗余方法：

- ◆ 容错设备， Device redundancy

- ◆ 工作站到路由冗余

Workstation-to-router redundancy

- ◆ 服务器冗余， Server redundancy

- ◆ 路由冗余， Route redundancy

- ◆ 链路冗余， Link media redundancy



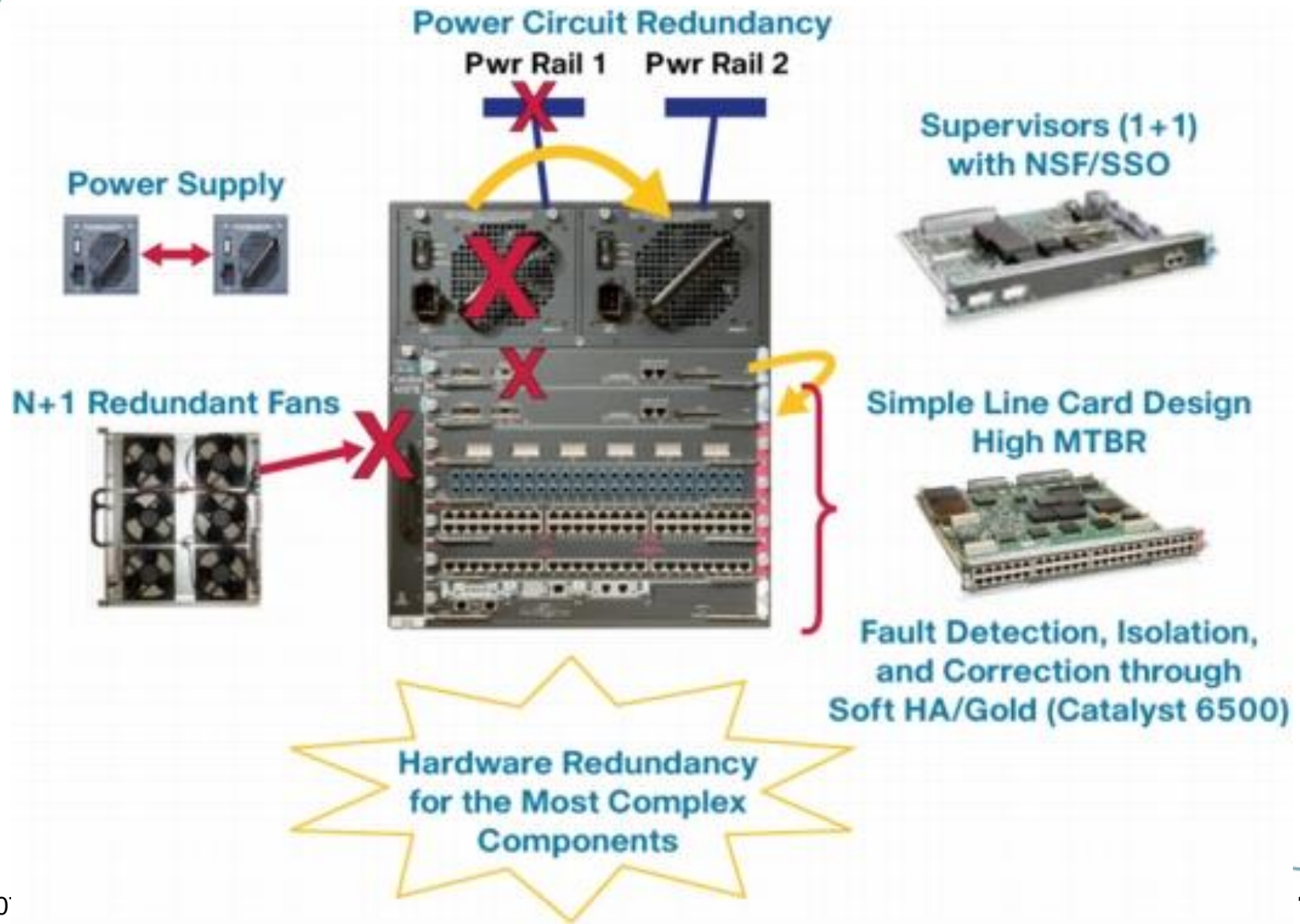
# 高可靠性

---



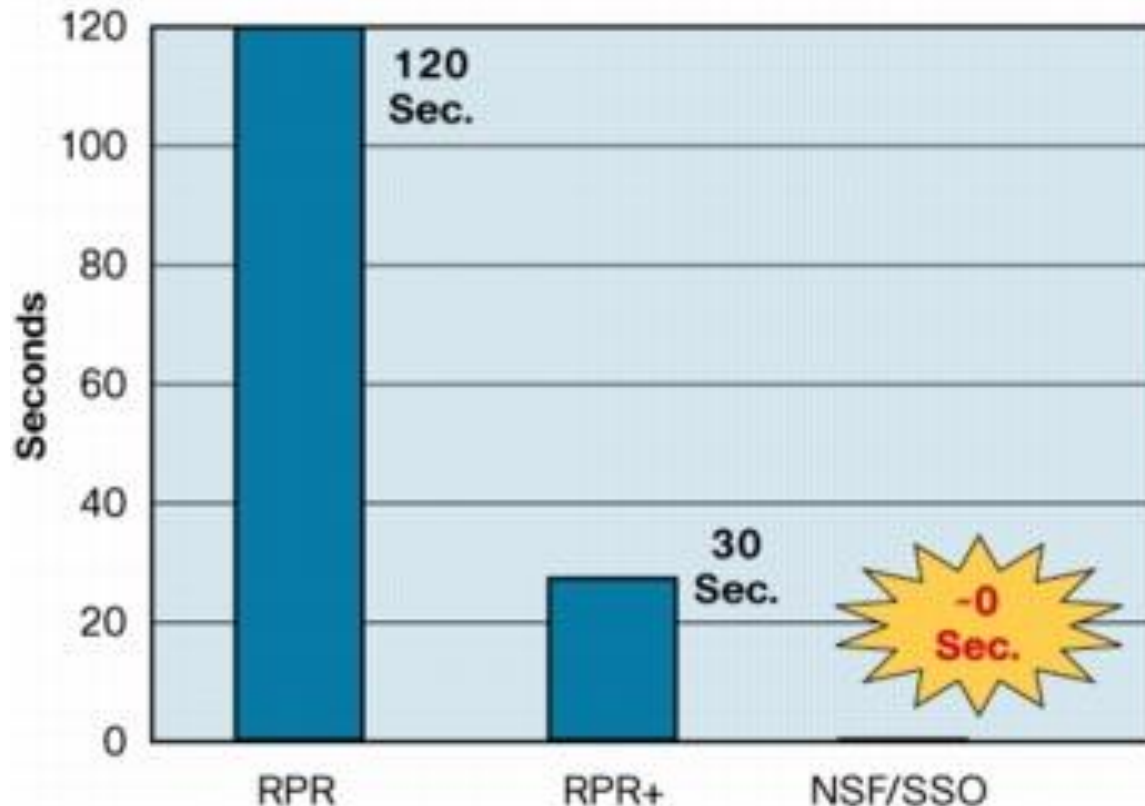
## 使用容错型设备

# 容错设备



# NSF/SSO

Cisco Catalyst Modular Switches with NSF/SSO Deliver  
**Zero Packet Loss** on Supervisor Failovers!



**\*\*Links Stay Up\*\***  
IP Phone Calls Don't Drop!

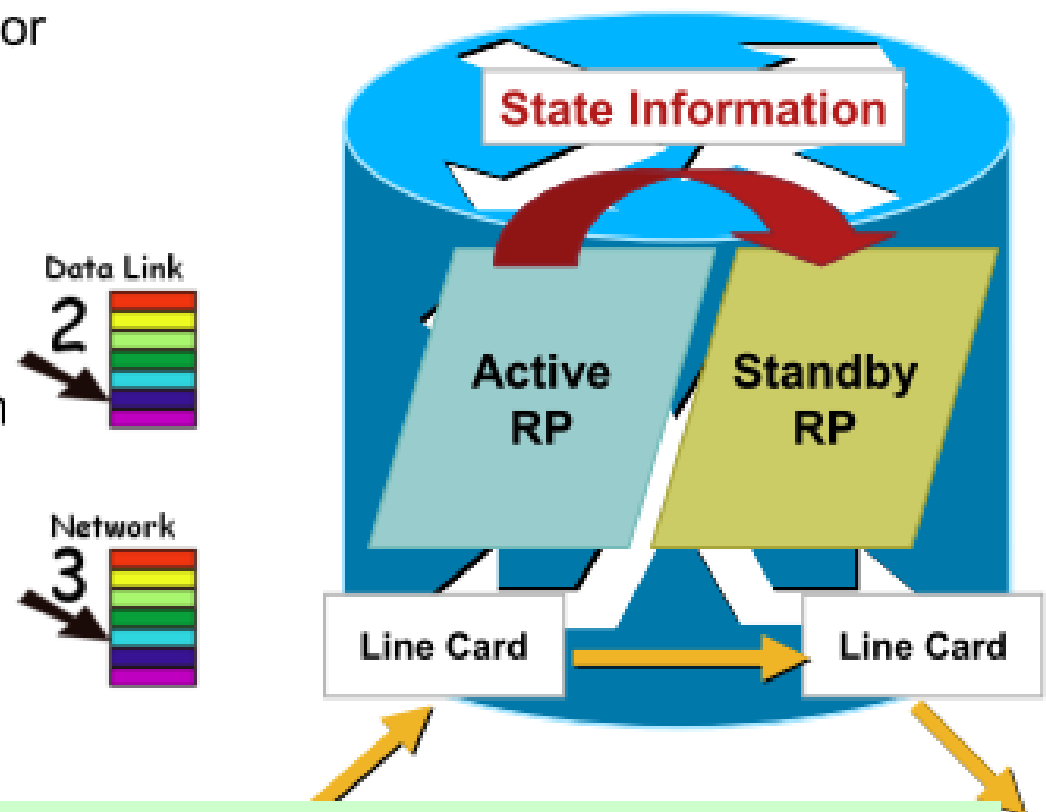
Catalyst Modular Switches with Dual Supervisors

⑩route processor redundancy (RPR)

⑩Nonstop Forwarding with Stateful Switchover (NSF with SSO)

# Cisco Nonstop Forwarding with Stateful Switchover

- The standby Route Processor (RP) takes control of the router after a hardware or software fault on the Active RP.
- **SSO** allows the standby RP to take immediate control and maintain connectivity protocols.
- **NSF** continues to forward packets until route convergence is complete.



**RPR (Route Processor Redundancy, 路由处理器的冗余性)**

**Nonstop forwarding with stateful switchover (NSF/SSO)**

# 高可靠性

---



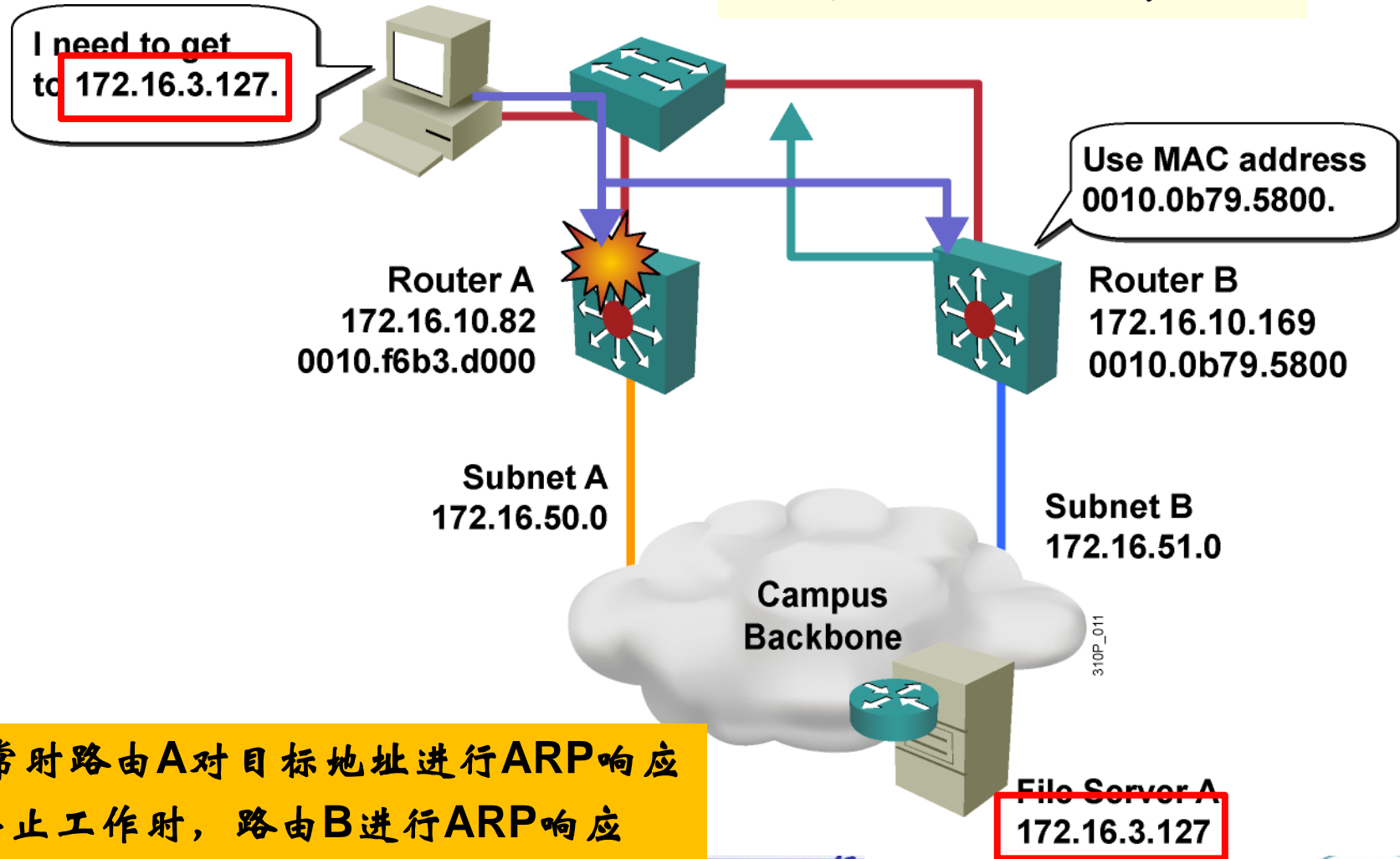
## Workstation-to-Router Redundancy LAN High Availability Protocols

# 工作站到路由的冗余

- 外网传送路由地址获取
  - ◆ ARP
  - ◆ Explicit configuration
  - ◆ ICMP Router Discovery Protocol (IRDP)
  - ◆ RIP
  - ◆ HSRP、VRRP、GLBP
  - ◆ VSS

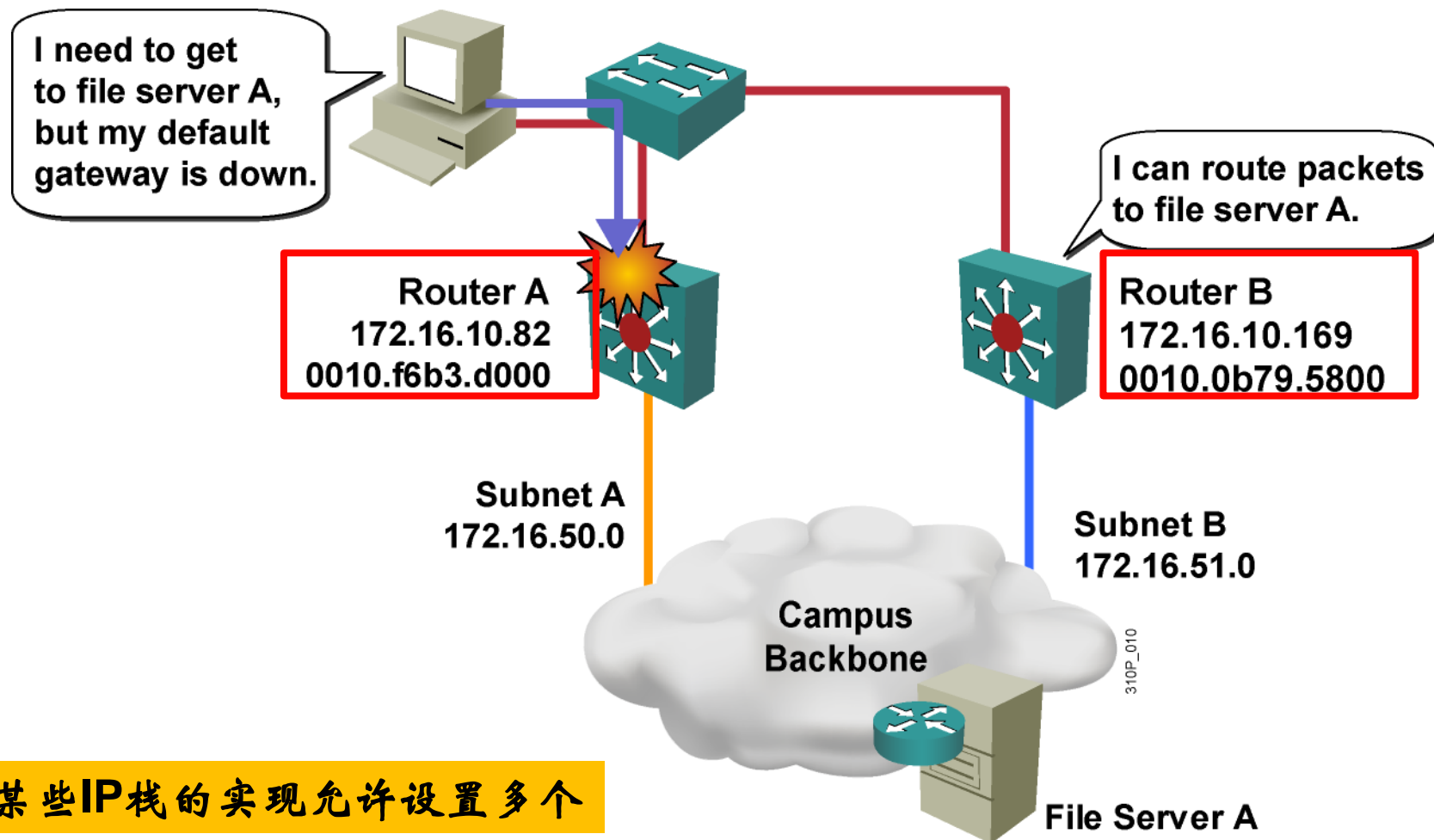
# 使用代理 ARP

缺点：MAC地址表太大





# 使用默认路由（网关）



某些IP栈的实现允许设置多个

需要手工更改默认路由，才能重新通讯

# 路由发现协议

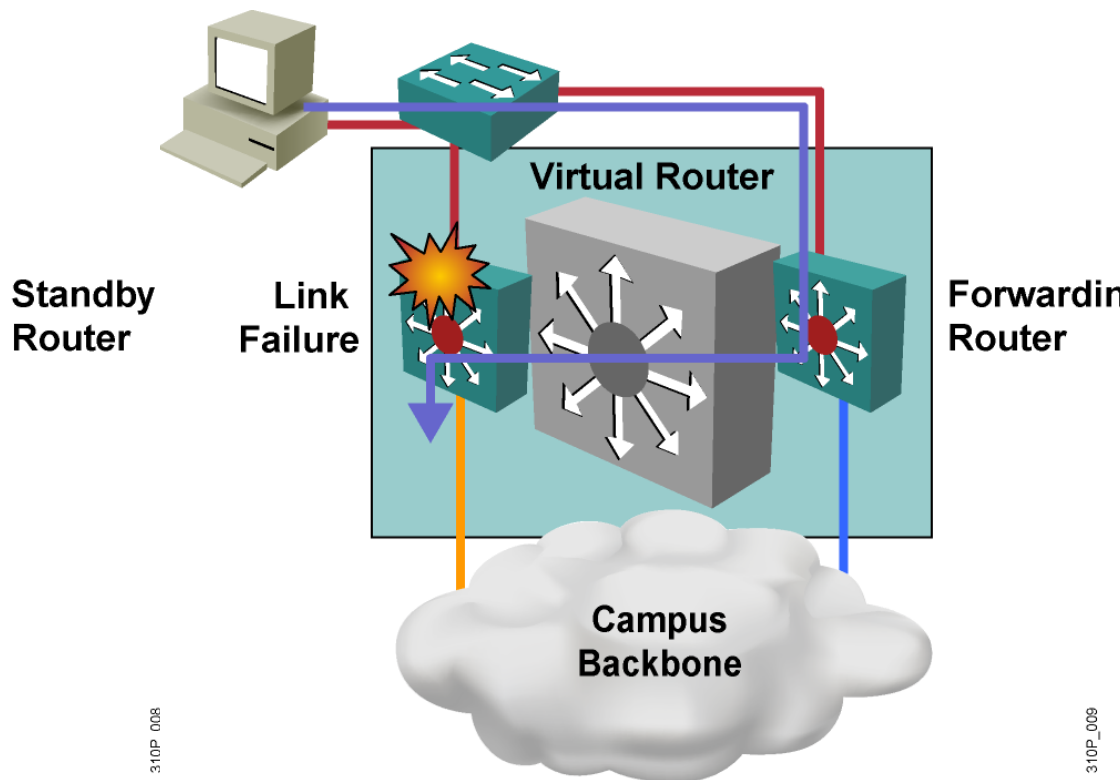
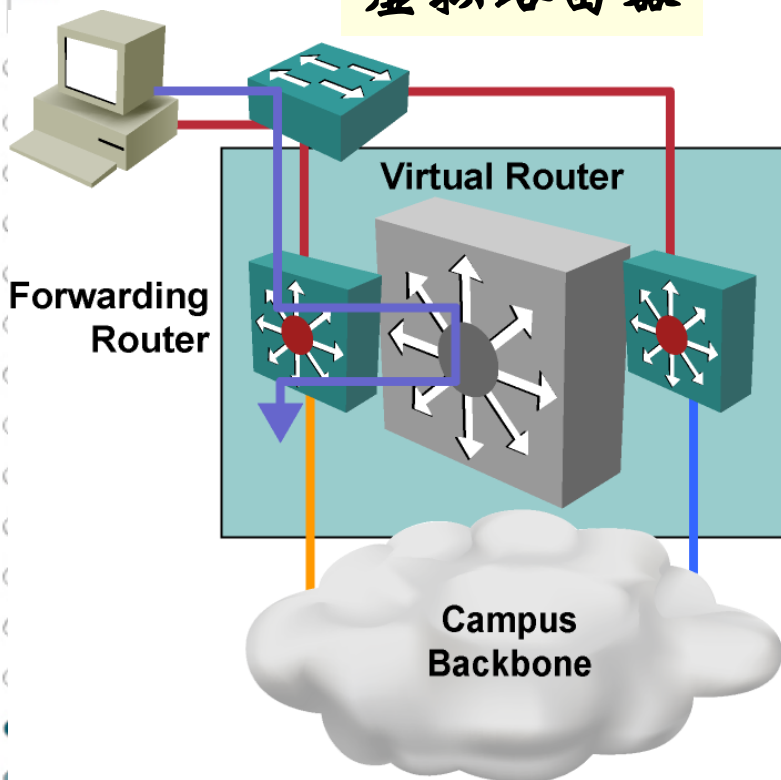
- **ICMP Router Discovery Protocol, IRDP**
- 使用2条 ICMP 消息实现路由发现:
  - ◆ **ICMP Router Solicitation Message** 由主机发给相邻的路由器, 请求发布存在信息。
  - ◆ **ICMP Router Advertisement Message** 由路由器发送, 公告其可以用于路由的IP地址。

# RIP协议

- 可在主机上运行RIP协议，以获取路由器地址。
  - ◆ 不常使用
  - ◆ 不推荐
  - ◆ 以前在UNIX主机上有过应用。

# 单一连接—首跳冗余

## 虚拟路由器



多台路由器组成一个**路由器组**，使用**同一IP地址**。  
每个组中一个**活动路由器**承担转发用户流量。  
当活动路由器失效后，**备份路由器**成为新的活动路由器。

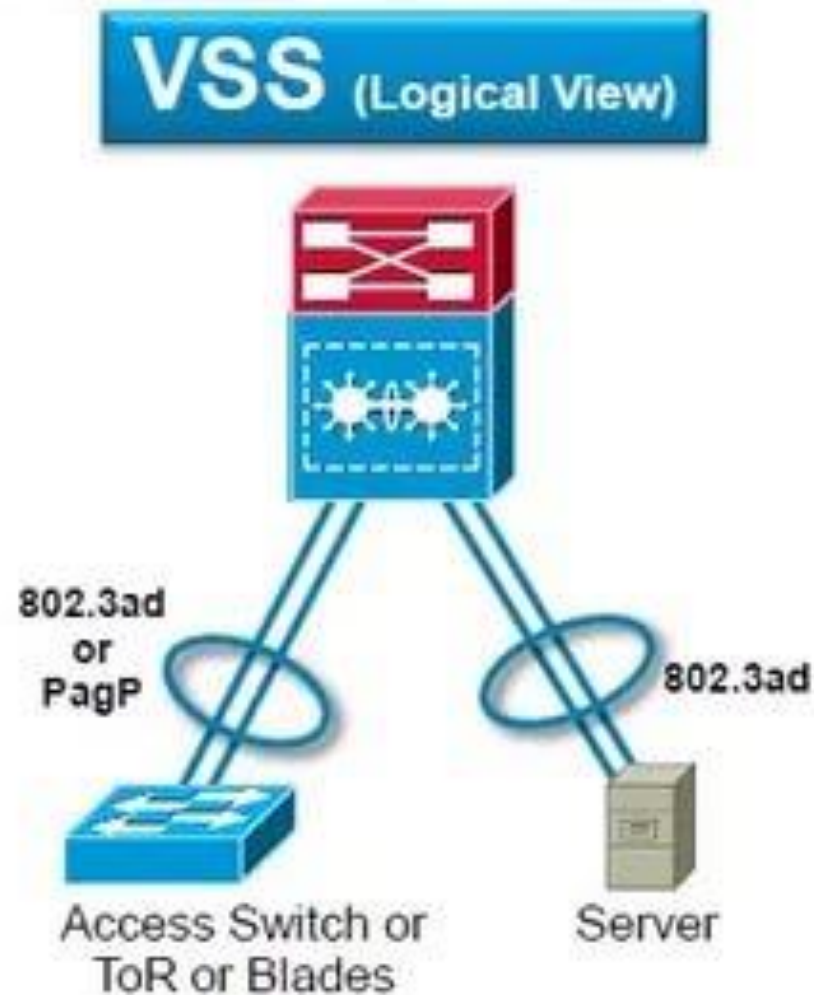
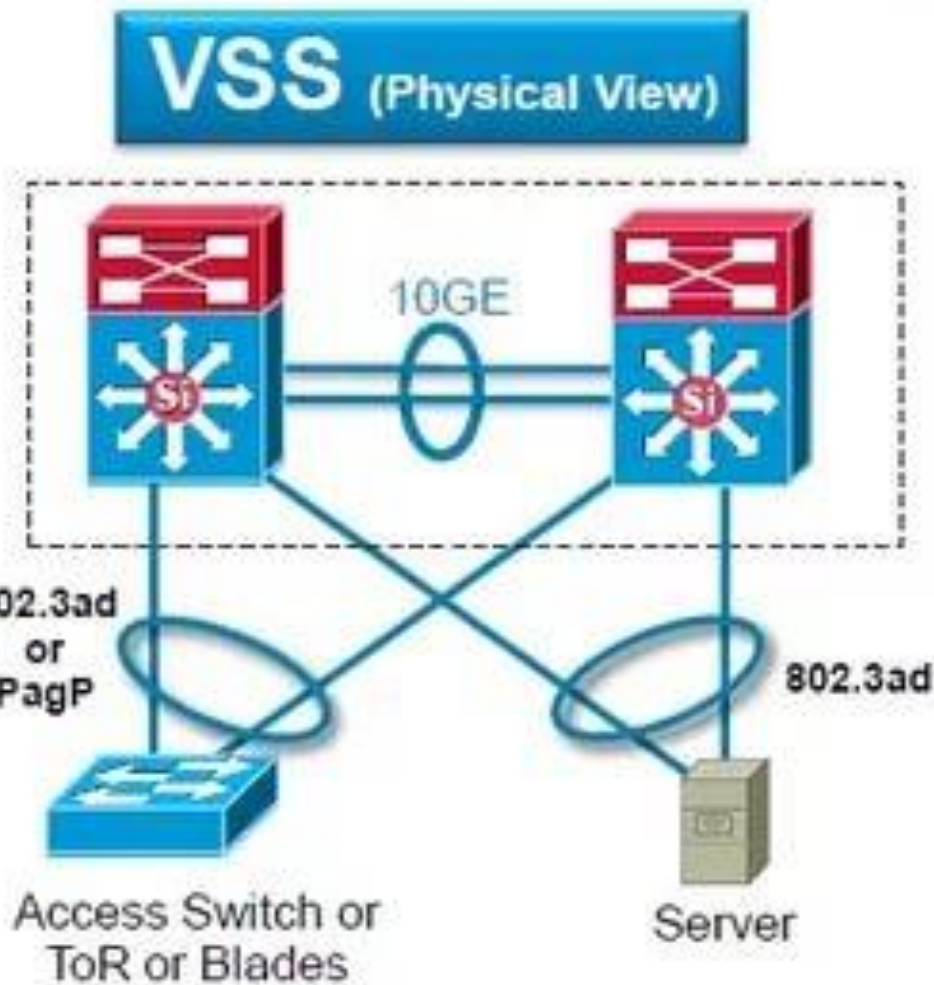
# FHRP ★

- **首跳冗余性协议 (FHRP: First Hop Redundancy Protocol)** 主要是用来解决网关问题，提高冗余性和负载均衡。
  - ◆ **虚拟路由冗余协议 (Virtual Router Redundancy Protocol, 简称VRRP)** 是IETF协议。
  - ◆ **热备份路由器协议 (Hot Standby Router Protocol, 简称HSRP)**，是cisco的私有协议。
  - ◆ **网关负载均衡协议 (Gateway Load Balancing Protocol, 简称GLBP)**，是思科的专有协议。  
GLBP不仅提供冗余网关，还提供负载均衡。  
(和HSRP、VRRP不同)

The Internet Engineering Task Force, IETF

# VSS

## ■ Virtual Switching Systems



# 高可靠性

---



## 服务器冗余



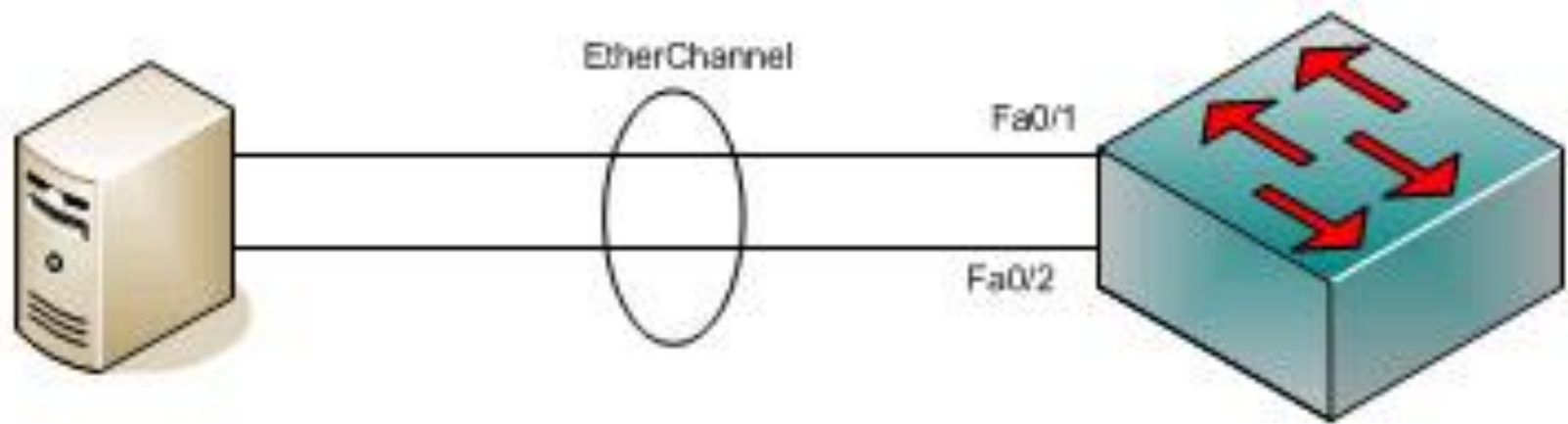
# 连接方法

- 单连接, Single attachment: 不推荐
- 双连接, Dual attachment: 多网卡  
network interface cards (NIC).
- 端口绑定, EtherChannel (FEC) and  
Gigabit EtherChannel (GEC) port  
bundles

# Dual attachment



# FEC / GEC



# 高可靠性

---



## 路由冗余

# 路由冗余

---

## ■ 路由冗余的目的

◆ 提高可用性

◆ 实现**负载均衡**

# 路由冗余 – 负载均衡★

## ■ 负载均衡：

- ◆ 大部分路由协议支持等花销负载均衡。  
等价路径数默认为4，最大为8
- ◆ EIGRP 还支持不等价负载均衡

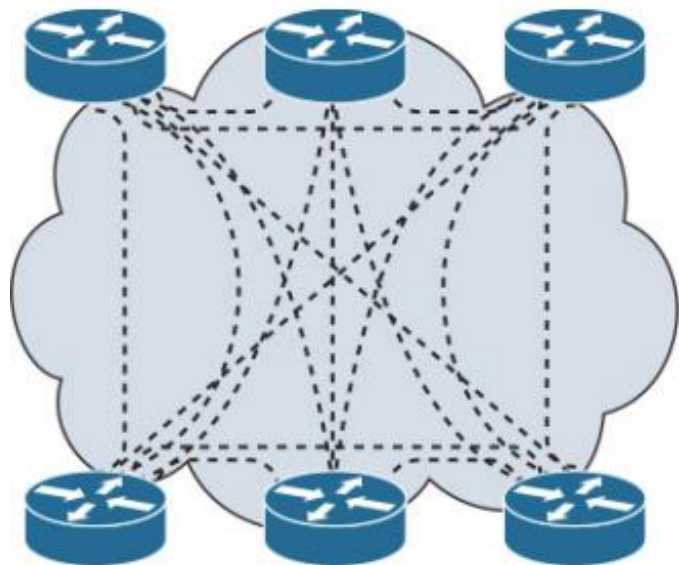
## ■ Process Switching

- ◆ Per-Packet Load Balancing

## ■ Cisco Express Forwarding (CEF)

- ◆ Per-Destination

# 路由冗余 — 提高可用性



全相联网络连接  
最大冗余，可用性最好

部分网状连接  
花费较少，易于扩展

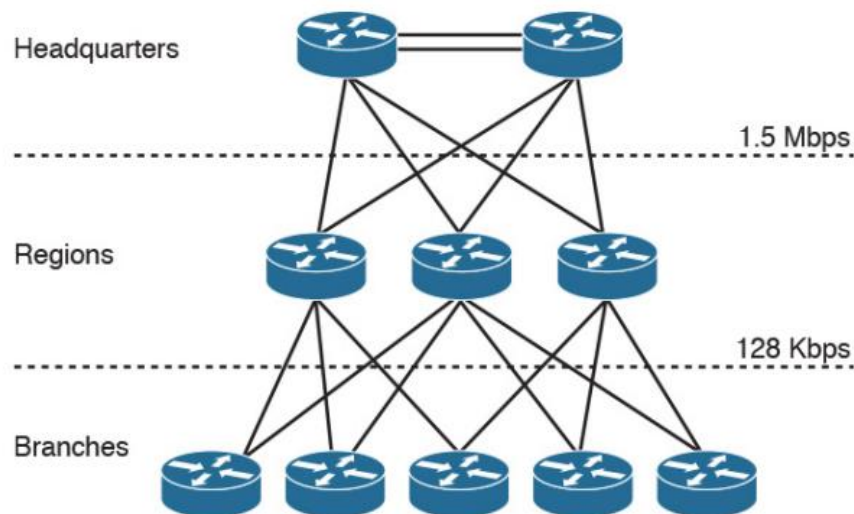


Figure 2-19 Partial-mesh design with redundancy



# 高可靠性

---



## 链路冗余

# 链路冗余

备用连接

EtherChannel

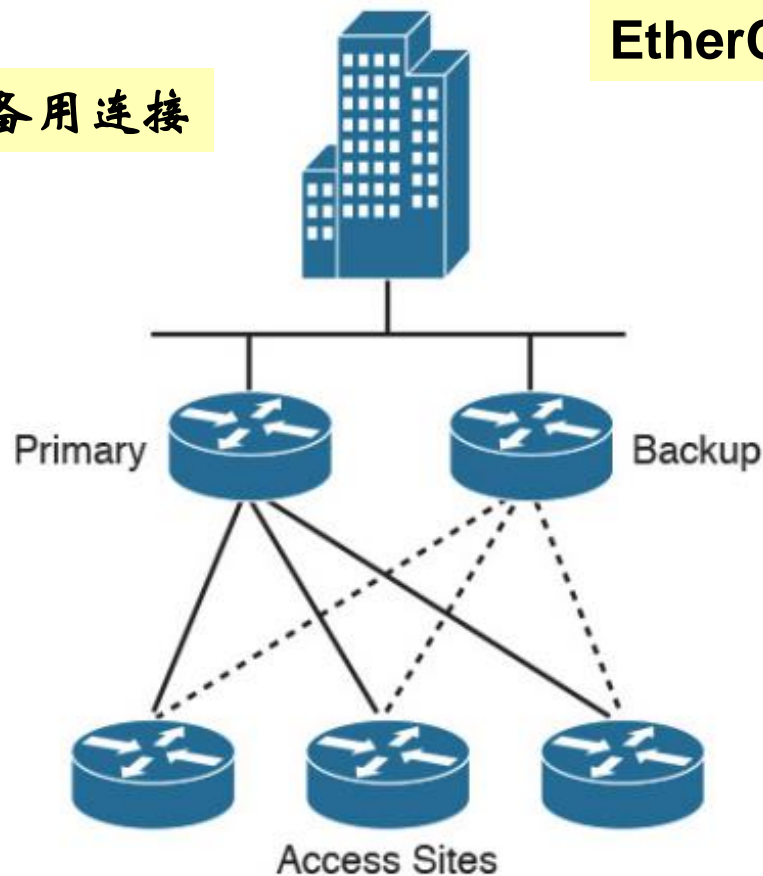
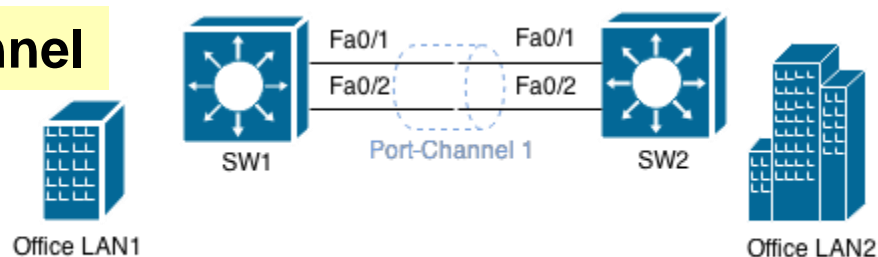
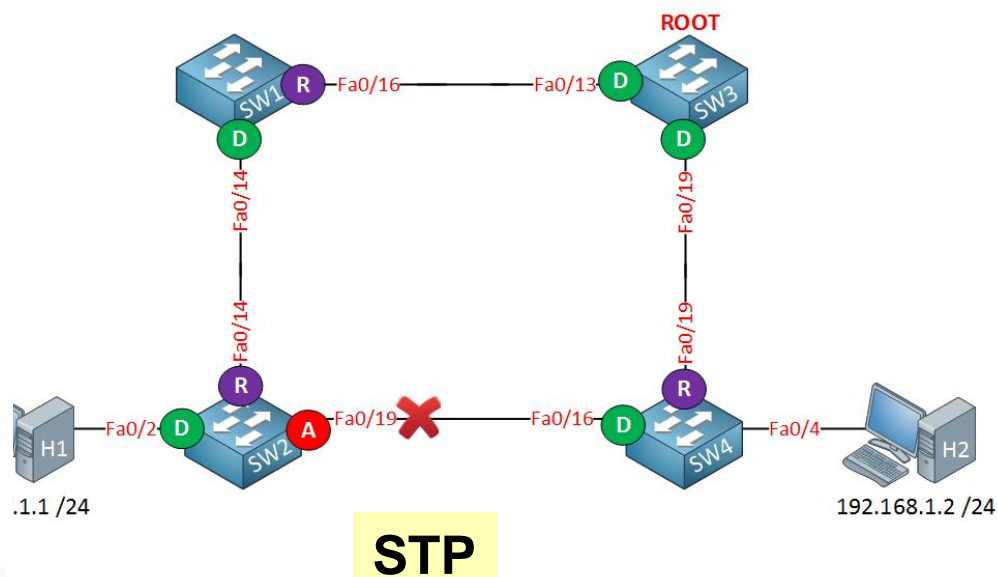


Figure 2-20 Backup links can provide redundancy.



# 高可靠性



设备容错  
VS

拓扑冗余（路由+链路冗余）

# 设备容错★

## ■ 优点:

- ◆ 可以最大限度地减少系统的**无响应时间**,
- ◆ 可以在保持系统持续运行的情况下检测并**替换故障组件**,
- ◆ 如果冗余组件之间无相互关联, 则能够实现优化的**灾难保护**机制。

# 设备容错

## ■ 不足:

- ◆ 增加设备**成本**，占用大量的设备板**卡槽位**。
- ◆ 冗余部件仅在主部件失效时才被完全激活，对设备的**性能无提高**。
- ◆ 集中于设备级的硬件可靠性可能会忽略**其他**故障机制。

# 拓扑冗余

## ■ 优势：

- ◆ 当备用网元与主用网元处于不同位置时，降低了因**物理环境**造成的服务中断几率。
- ◆ 可以降低**非硬件故障**对网络造成的可用性冲击。
- ◆ 降低了设备级容错的配置需求，降低了**成本**。
- ◆ 通过流量的负载共享提高网络的汇聚**性能和能力**。
- ◆ 实现从主用设施到备用设施的**自动恢复**。
- ◆ 可以按照负载均衡方式进行**可预测**的包分发操作。

DLD (Deterministic Load Distribution, 确定性的负载分发)

# 拓扑冗余

## ■ 不足:

- ◆ 配置冗余设备、冗余链路和冗余转发路径会提高网络**成本**
- ◆ 较难进行管理，较难进行**故障检测及排除**。