

STP 生成树协议

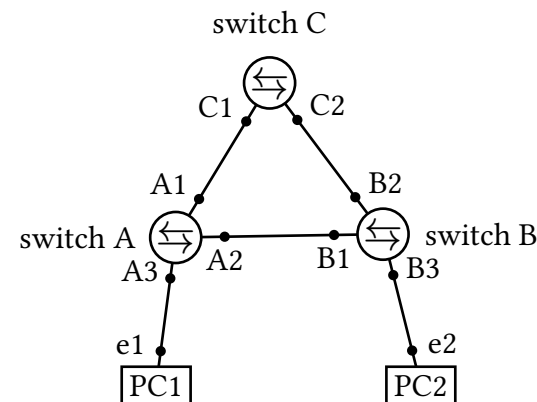
STP 概述

- ☐ 名称: 生成树协议 (Spanning Tree Protocol, STP)
- ☐ 标准: IEEE 802.1D
- ☐ 所属层: OSI 第二层 (数据链路层)
- ☐ 核心目的: 在存在物理环路的交换网络中, 逻辑上阻塞冗余链路, 消除环路, 并能在活动链路故障时, 自动激活备份链路, 实现链路冗余备份。
- ☐ 解决的问题:
 - ▶ 广播风暴: 以太网广播帧在环路中无限循环, 耗尽网络资源。
 - ▶ MAC 地址表抖动/飘移: 同一设备的 MAC 地址在不同端口被学习到, 导致交换机 MAC 表不断刷新, 性能下降。
 - ▶ 多帧复制: 同一数据帧的多个副本被送达目标主机, 导致上层协议错误。

核心概念与术语

- ☐ 根桥 (Root Bridge): 整个 STP 域的“中心”, 是生成树计算的参考点。只有一个。
PS: 交换机在早期被称为网桥, 这里的“桥”就是指代交换机

以如下拓扑举例:



当 PC1 发送广播帧时, 交换机 A 会在其他端口转发该帧, 到交换机 B 和 C, 而交换机 B 和 C 也会不停地转发该帧到自己其他的接口, 因而在二层环路中形成顺时针和逆时针方向的广播风暴, 大量消耗网络资源和主机资源。此外, 由于两种不同方向来源的相同数据, 会导致交换机上的 MAC 地址与端口的映射关系在不停地来回切换, 占用交换机资源。

- ☐ 桥 ID (Bridge ID, BID): 由桥优先级 (2 字节) 和 MAC 地址 (6 字节) 组成, 用于选举根桥。值需要为 4096 的倍数, 默认 32768, 越小越优先。
- ☐ 路径开销 (Path Cost): 衡量链路带宽的指标。带宽越高, 开销值越低。到根桥的累计路径开销用于衡量路径的优劣。H3C 交换机上的权重开销如下:

链路带宽	私有标准 cost
10 Mbps	2000
100 Mbps	200
1000 Mbps	20
10 Gbps	2

- ☐ 根端口 (Root Port, RP): 每台非根交换机上有且只有一个。这是该交换机去往根桥路径开销最小的端口。
- ☐ 指定端口 (Designated Port, DP): 每个物理网段上有且只有一个。这是该网段上去往根桥路径开销最小的交换机端口。根桥的所有端口都是指定端口。
- ☐ 阻塞端口 (Blocking/Alternate Port): 既不是根端口也不是指定端口的端口。逻辑上被阻塞, 不转发数据帧, 只监听 BPDU。

STP 的工作过程 四步!

1. 选举根桥 (Root Bridge Election):

- ☐ 所有交换机刚开始都认为自己是根桥
- ☐ 通过交换 BPDU 消息, 比较 BID, 网络中 BID 最小的交换机成为根桥

仍旧以上面的拓扑为例, 分析 STP 是如何消除环路的, 按照 STP 工作过程依次分析:

1. 根据选举规则, 桥 ID 最小的为根桥; 而桥 ID 由两部分组成: 优先级. MAC 地址, 即是说先比较优先级, 优先级小的为根节点; 如果相同比较 MAC, MAC 小的为根节点。在上述案例中, 假设交换机 A 为根节点。
2. 接下来选举根端口 (■), 这是针对非根交换机 (B 和 C) 而言的, 假设现在三条链路都是 100M 的带宽, 对应的权重都是 200。此时对于交换机 B 的 B1 接口而言, 其到根桥只需要一段 100M 带宽的链路, 其开销为 200, 而接口 B2 则需要两段, 其开销为 400, 选择 B1 作为其根端口。对应地, 交换机 C 的根端口为 C1。

2. 选举根端口 (Root Port Election on Non-Root Switches):

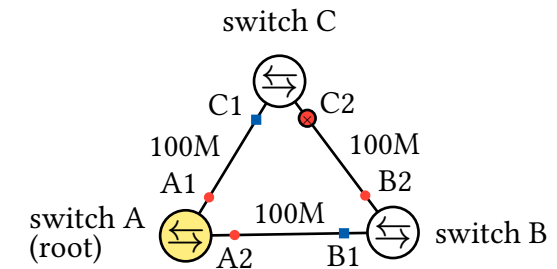
- ☐ 每台非根交换机选举一个根端口
- ☐ 选举依据 (顺序判断):
 - ▶ 最低的到达根桥的路径开销
 - ▶ 对端发送者的 BID 最小 (如果路径开销相同)
 - ▶ 对端发送者的端口 ID 最小 (如果 BID 也相同)

3. 选举指定端口 (Designated Port Election):

- ☐ 在每个物理网段 (链路)上选举一个指定端口。
- ☐ 选举依据 (顺序判断):
 - ▶ 该网段上哪台交换机到达根桥的路径开销最小, 它的端口就成为 DP
 - ▶ 如果路径开销相同, 则比较本段交换机的 BID, 最小的成为 DP
 - ▶ 如果 BID 也相同 (即同一台交换机的两个端口连在同一网段, 如 Hub), 则比较本端端口 ID, 小的成为 DP

4. 阻塞冗余端口:

- ☐ 既不是根端口也不是指定端口的端口, 将被置为阻塞状态, 从而打破环路。



3. 接下来选举指定端口 (●), 其是相对于每一个链路而言的, 选举最接近根节点的接口/本端桥 ID 最小/本端端口 ID 最小。
- 对于链路 AB 或 AC, 其 A1 和 A2 接口更靠近根节点 A, 因而被选为这两段链路上的指定端口。而对于同一链路 BC, 两者距离根节点开销相同, 此时则需要比较交换机 B 和 C 的网桥 ID, 交换机 B 比较小, 则 B2 被指定为链路 BC 上的指定端口
4. 余下没有被选定的端口被认定为需要阻塞掉的冗余端口(⊗), 在案例中为 C2。当 C2 被阻塞掉后, 即可打破二层环路。

STP 的演进版本

- ☐ RSTP (快速生成树协议, IEEE 802.1w):
 - ▶ IEEE 标准, 是 STP 的升级替代。

Some Tips:

- ▶ 核心改进: 大幅缩短收敛时间 (通常 1-2 秒内)。
- ▶ 端口角色扩充: 增加了备份端口 (Backup Port) 和替代端口 (Alternate Port), 用于快速切换。
- ▶ 端口状态简化: 只有丢弃 (Discarding)、学习 (Learning)、转发 (Forwarding) 三种。
- ▶ 引入了提议/同意 (Proposal/Agreement) 的握手机制, 使端口能快速进入转发状态。

□ MSTP (多生成树协议, IEEE 802.1s):

- ▶ 将多个 VLAN 映射到一个生成树实例 (Instance) 上。
- ▶ 优点: 在保持 PVST+负载均衡能力的同时, 大幅减少了交换机的计算开销。是大型网络的首选。

- 可以通过更改优先级来调整根节点
- 在网络拓扑改变时, STP 可以动态地重新计算并动态地开放或阻塞网络结构

其他案例

