

Taller de diseño de redes de campus

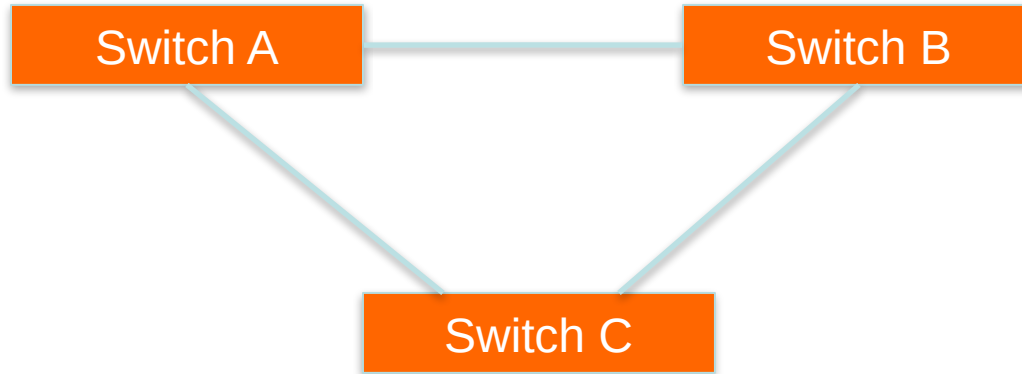
Ingeniería de capa 2 – Spanning Tree



This work is a derivative of work by [NSRC – University of Oregon](#). This work, updated license, footer, add answers to questions, footnote and add link Lab STP last transparency, is too licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) by [Ricardo Feijoo Costa](#).

Bucle (loop)

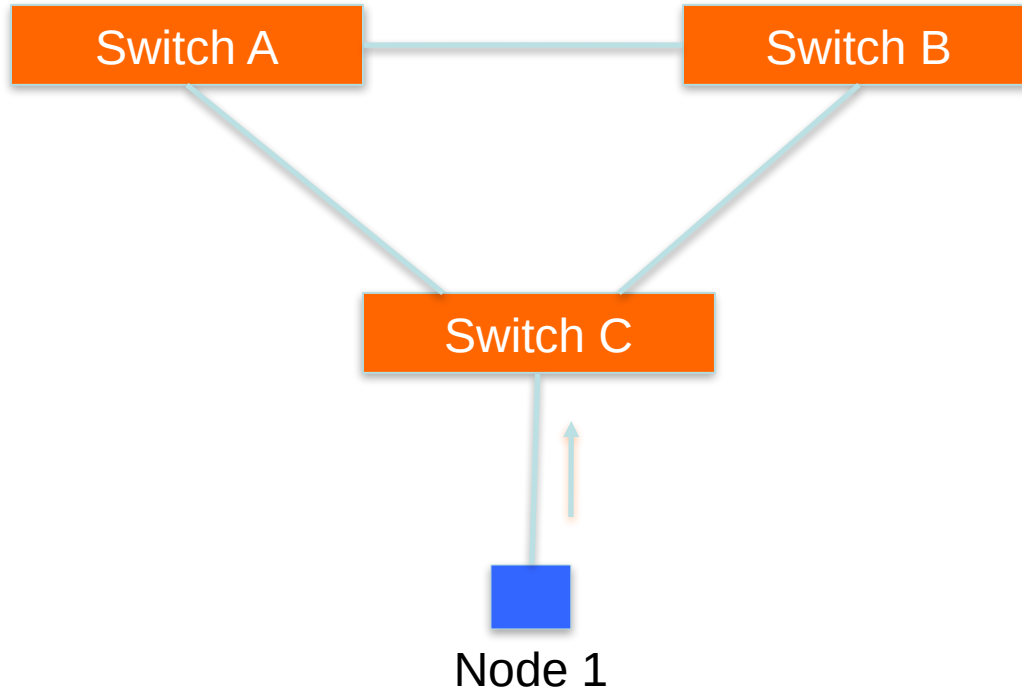


- Cuando existe más de un camino entre dos switches cualesquiera
- ¿Cuáles son los posibles problemas?

Bucle

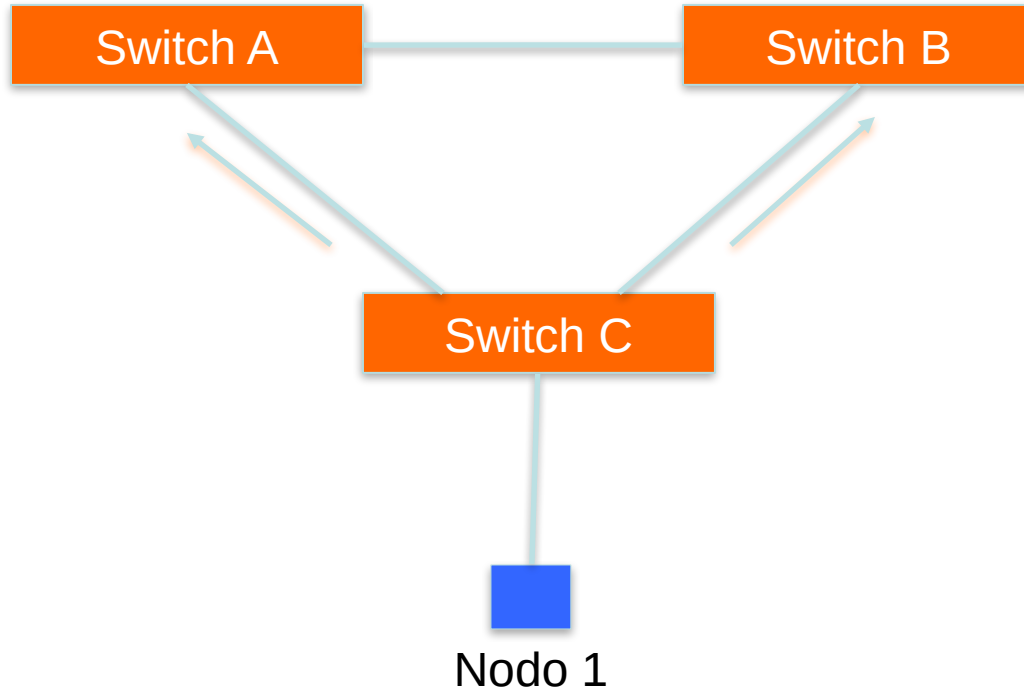
- Si existe más de un camino entre dos switches:
 - Las tablas de reenvío se vuelven inestables
 - Las mismas direcciones MAC de origen aparecen en múltiples puertos continuamente
 - Los switches reenviarán las tramas broadcast de otros switches
 - El efecto se multiplica
 - Se utiliza todo el ancho de banda disponible
 - Los procesadores de los switches no pueden sostener la carga

Bucle



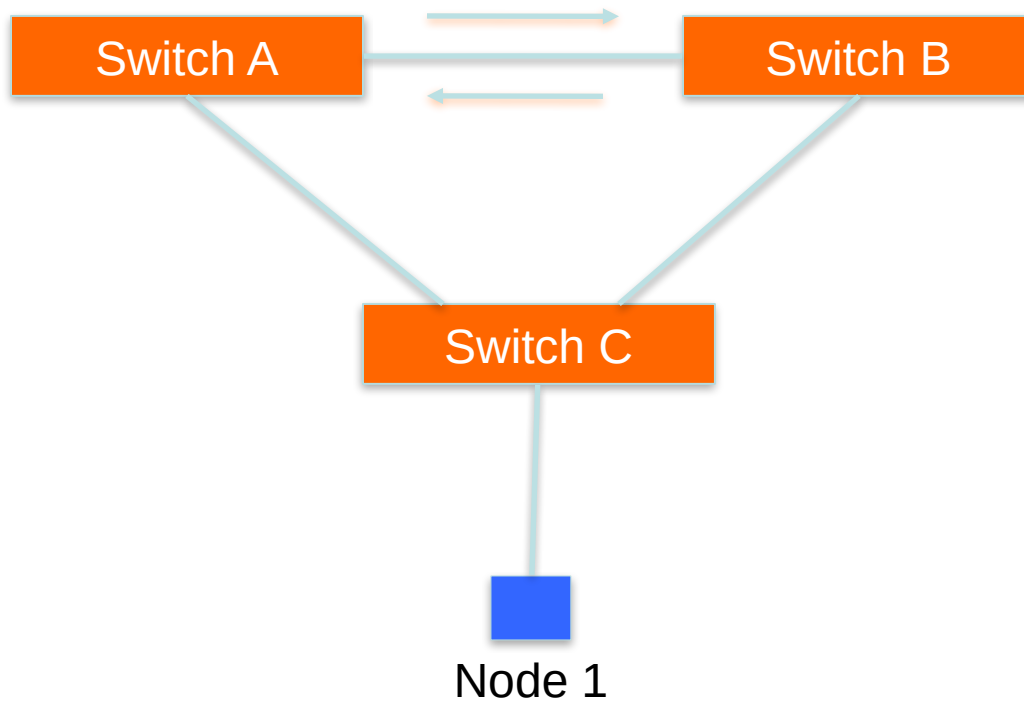
Nodo 1 envía una trama de broadcast (ej. petición ARP)

Bucle



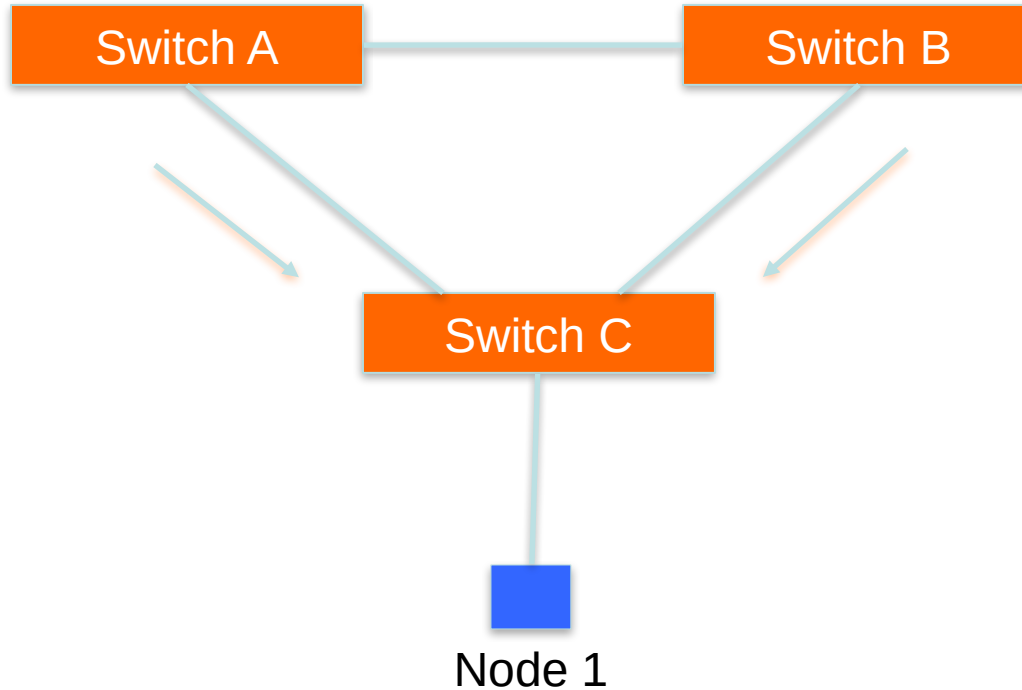
Switch C envía la trama de Nodo 1 como broadcast por todos los demás puertos

Bucle



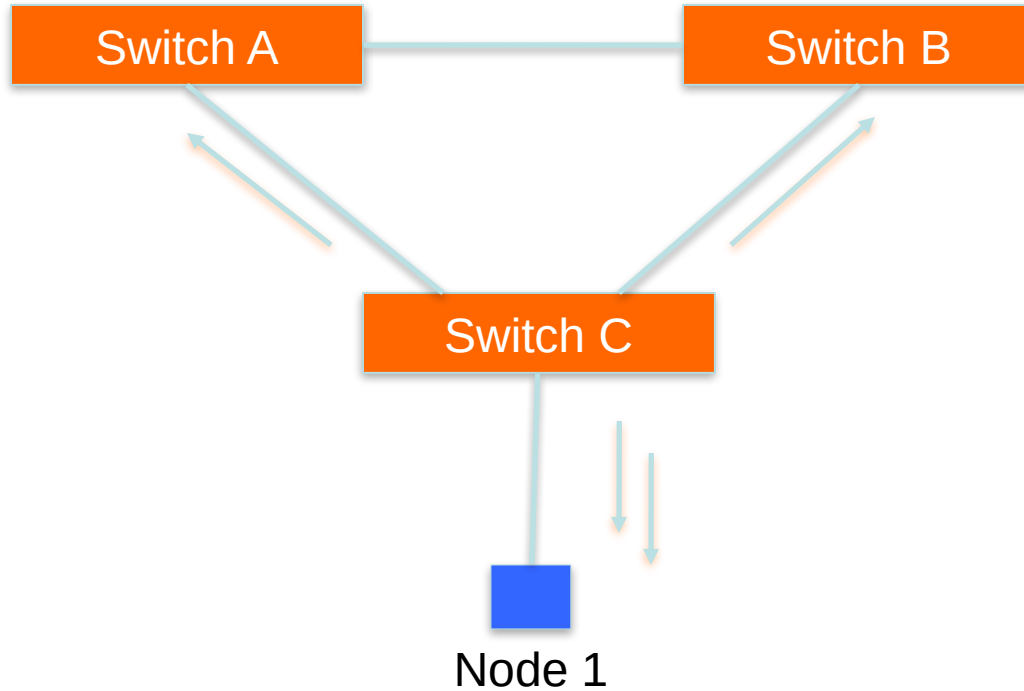
Los switches A y B reenvían la trama de Nodo 1 como broadcast por todos sus puertos

Switching Loop



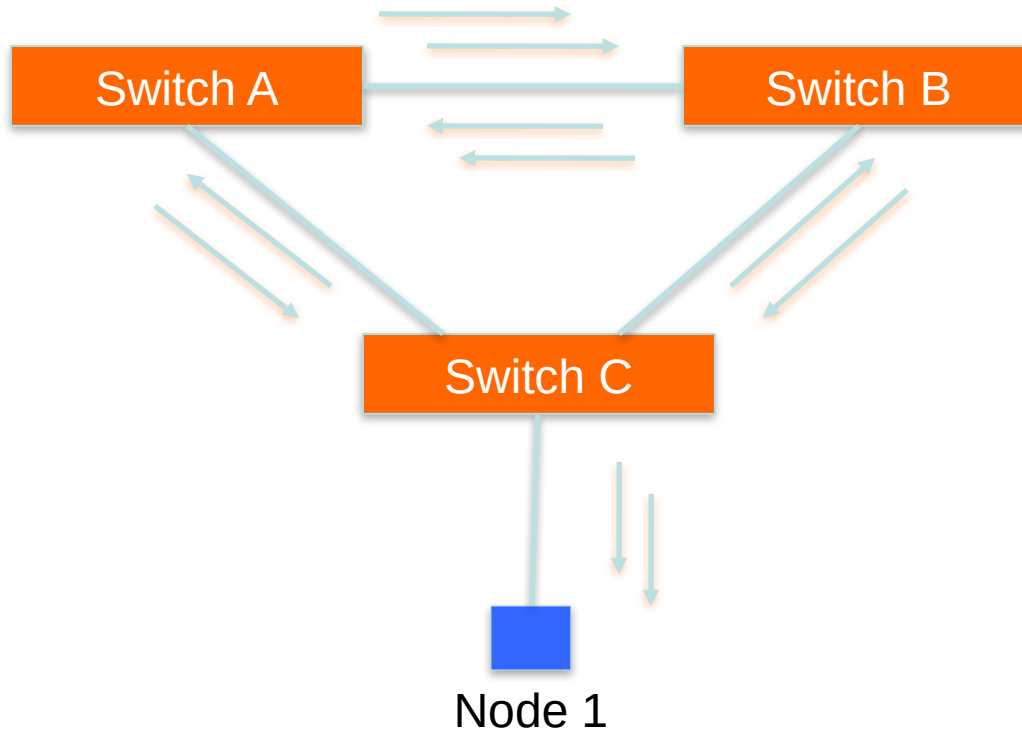
Los switches A y B reenvían la trama de Nodo 1 como broadcast por todos sus puertos

Bucle



Switch C envía la trama de Nodo 1 como broadcast por todos sus puertos

Bucle - resultado final



Reciben los broadcasts de los demás y los reenvían por todos los puertos

Ahora hay un círculo vicioso de broadcast infinito

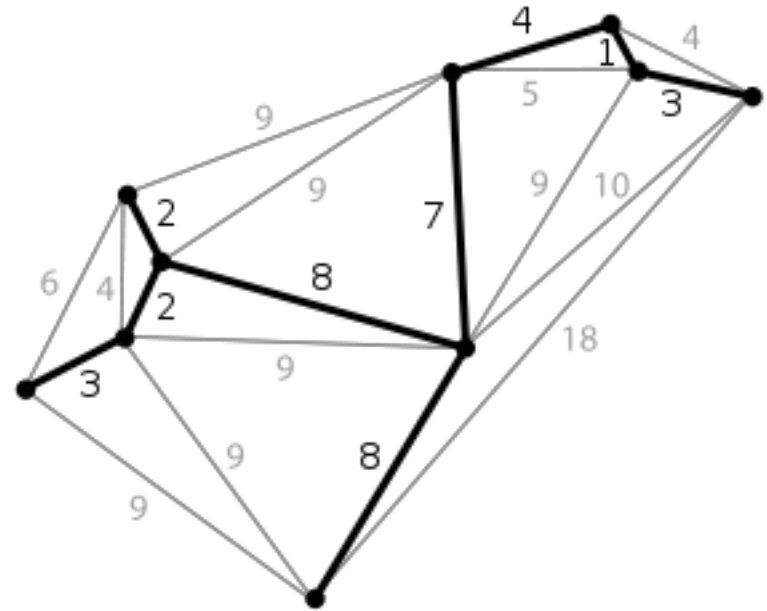
Esto se llama una **tormenta de broadcast**

Múltiples caminos

- Pero podemos sacar provecho de los múltiples caminos sin crear problemas
 - Los caminos redundantes ayudan cuando:
 - Un switch falla
 - El cableado falla
- Cómo podemos aprovechar esta redundancia sin crear situaciones peligrosas?

¿Qué es un “spanning tree”?

- “Dado un grafo sin dirección, un *spanning tree* o *árbol de distribución* de dicho grafo es un sub-grafo con forma de árbol que conecta todos los vértices”.
- Un grafo puede tener múltiples árboles.



Protocolo de Spanning Tree

- *El objetivo del protocolo es que los switches determinen automáticamente un sub-grafo que esté libre de bucles (un árbol) y que aún tenga suficiente conectividad para que, dentro de lo físicamente posible, haya un camino entre cada switch y todos los demás.*

Protocolo de Spanning Tree

- Hay varios estándares de esta idea:
 - Spanning Tree tradicional (802.1d)
 - Rapid Spanning Tree o RSTP (802.1w)
 - Multiple Spanning Tree o MSTP (802.1s)
- Versiones antiguas y cerradas:
 - Per-VLAN Spanning Tree o PVST (Cisco)

Spanning Tree Tradicional (802.1d)

- Los switches intercambian mensajes que les permiten calcular el árbol
 - Estos mensajes se llaman BPDUs (Bridge Protocol Data Units)
 - Hay dos tipos de BPDUs:
 - Configuración
 - Notificación de cambio de topología (TCN)

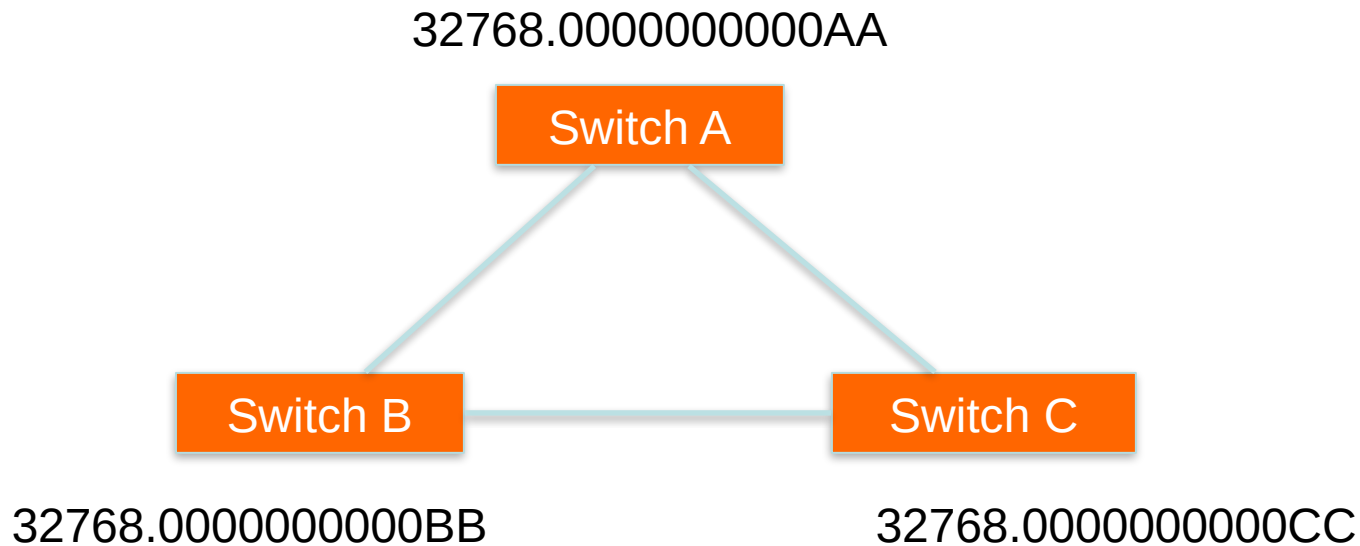
Spanning Tree Tradicional (802.1d)

- Primer paso
 - Determinar un punto de referencia: el ***switch raíz***
 - El proceso de elección se basa en el identificador del switch, el cual está compuesto por:
 - La prioridad del switch: Un número de dos octetos que es configurable
 - La dirección MAC: Una dirección única que no se puede cambiar.

Elección del switch raíz (802.1d)

- Cada switch comienza enviando BPDUs poniéndose a sí mismo como raíz
 - *Yo soy el switch raíz!*
- Los BPDUs recibidos se analizan para ver si hay un identificador de switch raíz menor
 - Si es el caso, cada switch sustituye el valor del switch raíz en sus BPDUs con este valor menor
- Al final todos los switches se ponen de acuerdo en cuanto al switch raíz

Selección del switch raíz (802.1d)



- Todos los switches tienen la misma prioridad
- ¿Quién es elegido como switch raíz? *Pues como todos los switches tienen la misma prioridad y debido a que el Switch A posee la MAC más pequeña tendremos que el Switch A es el **switch raíz** ó **root switch***

Selección del puerto raíz (802.1d)

- Ahora cada switch tiene que determinar dónde está situado con relación al switch raíz
 - Cada switch debe determinar su ***Puerto raíz***
 - La clave es encontrar el puerto con el menor ***Costo hacia el switch raíz***
 - El costo acumulado de todos los enlaces hasta llegar al switch raíz.

Selección del puerto raíz (802.1d)

- Cada enlace en el switch tiene un "costo"
 - Inversamente proporcional al ancho de banda del enlace
 - e.g. Mientras más rápido el enlace, menor será el “costo”

Velocidad del enlace	Costo de STP
10 Mbps	100
100 Mbps	19
1 Gbps	4
10 Gbps	2

Selección de puerto raíz (802.1d)

- ***El Costo del camino hacia el switch raíz*** es la acumulación del costo del enlace y los costos aprendidos de los otros switches.
 - Responde a la pregunta: *cuánto cuesta llegar al switch raíz a través de este puerto?*

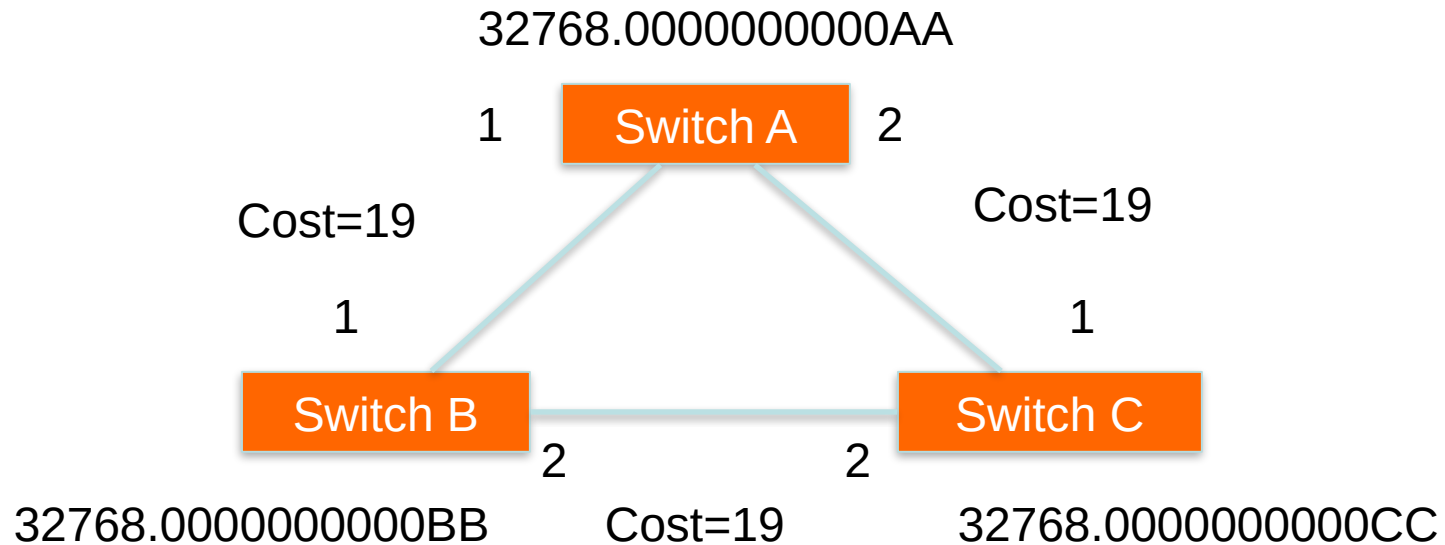
Selección del puerto raíz (802.1d)

1. El switch raíz envía BPDUs con un costo de “root path cost” de 0
2. El switch vecino recibe esta BPDU y agrega el costo del puerto al costo recibido
3. El switch vecino reenvía las BPDUs con el costo acumulado
4. Otros switches vecinos más adelante repiten el mismo procedimiento

Selección del puerto raíz (802.1d)

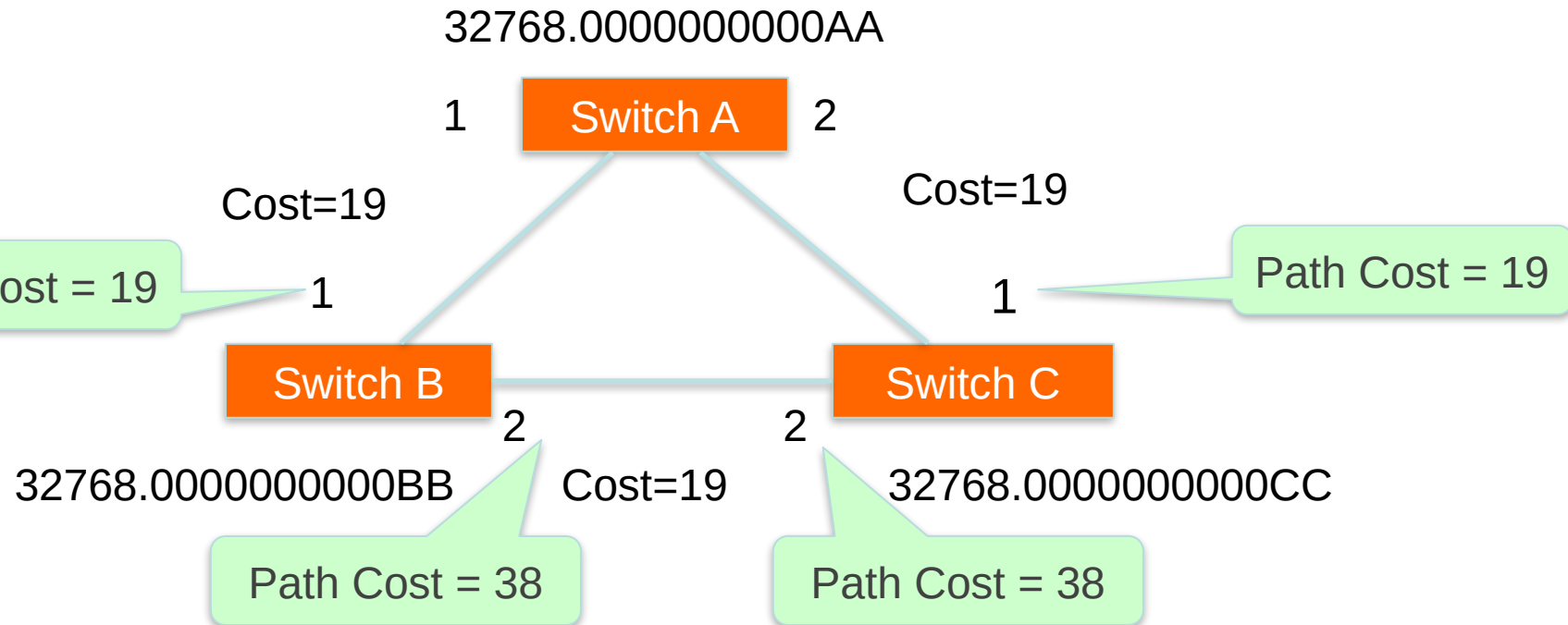
- En cada switch, el puerto con el menor costo para alcanzar al switch raíz se convierte en el puerto raíz.

Selección del puerto raíz (802.1d)



- ¿Cuál es el costo de camino al raíz en cada puerto?
- ¿Cuál es el puerto raíz en cada switch?

Selección del puerto raíz (802.1d)



Nota: El costo del camino al raíz es la suma del valor en la BPDU recibida del vecino neighbour más el costo del enlace

Elección de puertos designados (802.1d)

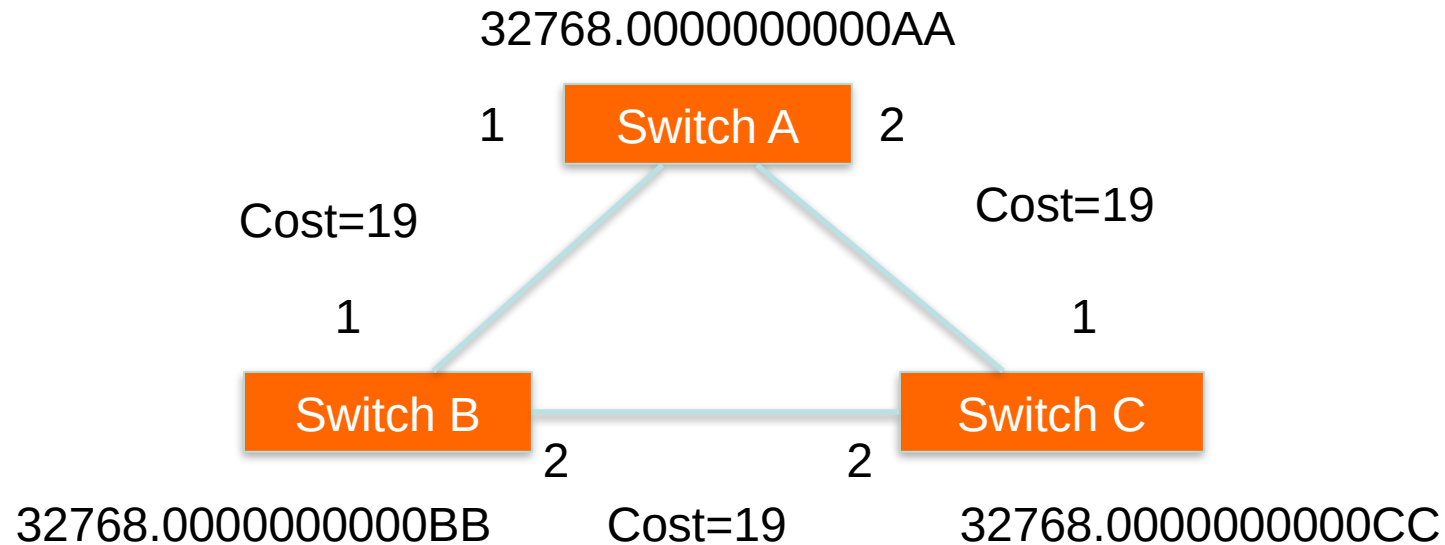
- OK, hemos seleccionado los puertos raíz pero no hemos resuelto del problema del bucle, o sí?
 - Los enlaces todavía siguen activados!
- Cada segmento de red debe tener un solo switch reenviando tráfico desde y hacia dicho segmento
- Entonces cada switch debe identificar un ***Puerto designado*** por segmento de red
 - El que tenga el menor costo acumulativo para llegar al switch raíz

Elección de puertos designados (802.1d)

- Es posible tener dos o más puertos en un segmento con costos hacia el switch raíz, lo cual constituye un empate
- Todas las decisiones de STP están basadas en la siguiente lista de propiedades:
 - El identificador de switch¹ raíz menor
 - El costo menor de camino al switch raíz
 - El identificador de switch de envío menor
 - El identificador de puerto de envío menor

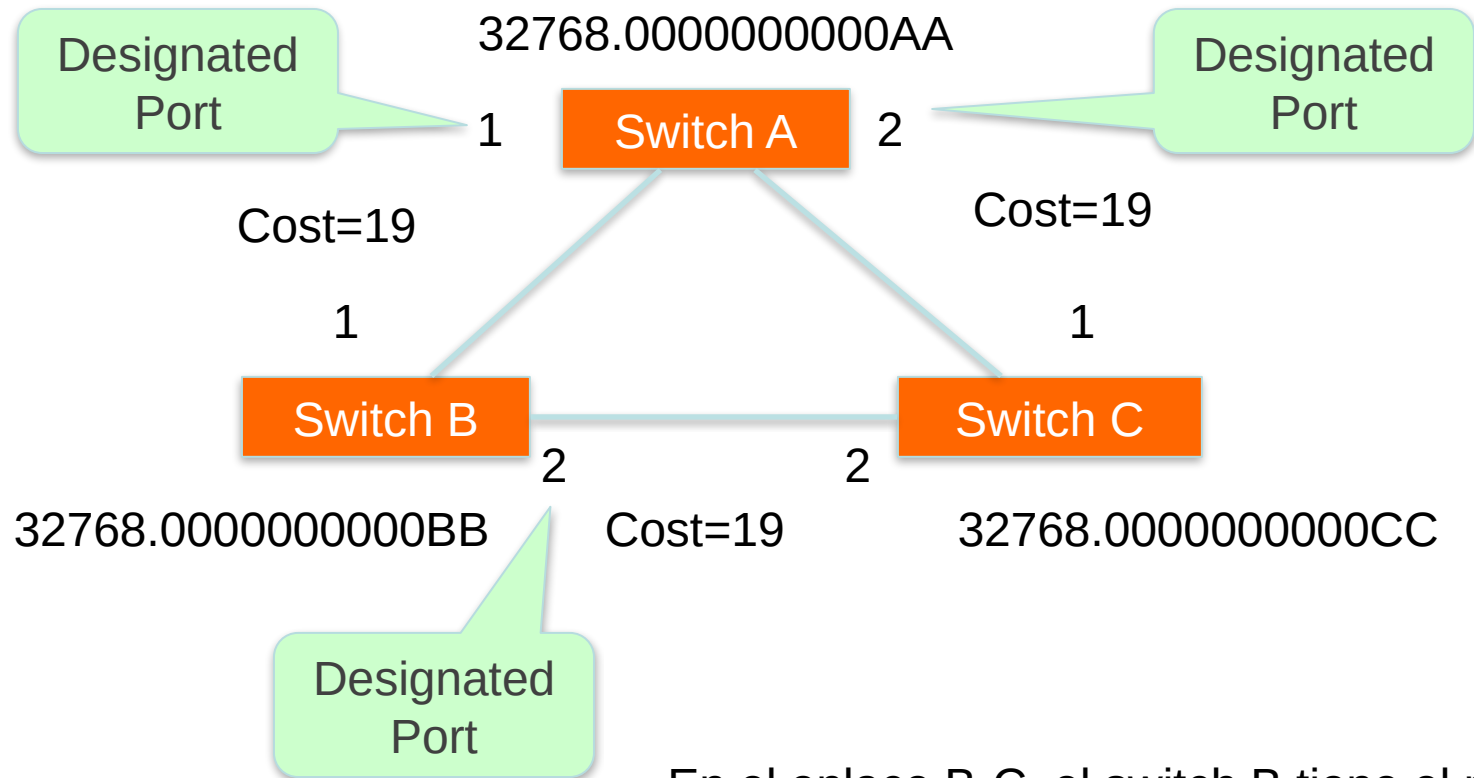
1 Identificador de switch = MAC Address switch

Elección de puertos designados (802.1d)



- ¿Cuál puerto debería ser el puerto designado en cada segmento?

Elección de puertos designados (802.1d)

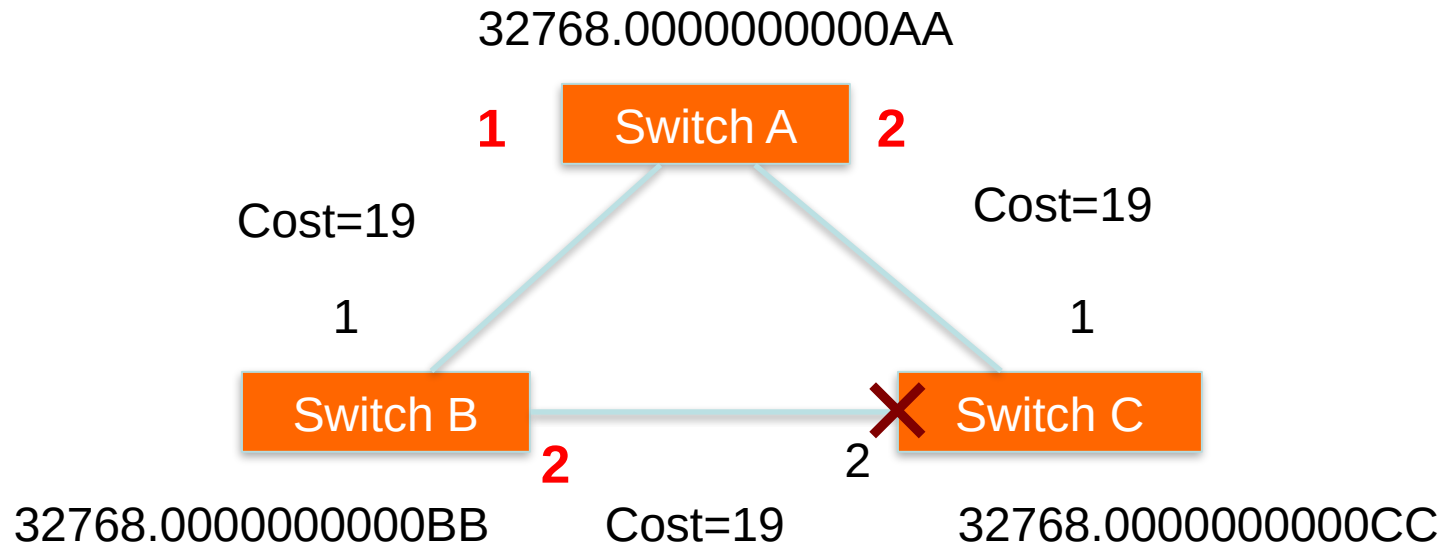


En el enlace B-C, el switch B tiene el menor identificador de switch, así que el puerto 2 en el switch B es el puerto designado

Bloqueando un puerto

- Cualquier puerto que no haya sido elegido como el puerto raíz, ni como puerto designado se pone en **estado bloqueado**.
- Este paso rompe con el bucle y completa el Spanning Tree

Puertos designados en cada segmento (802.1d)



- El puerto 2 en el switch C entra en **estado bloqueado** porque no es **ni puerto raíz ni puerto designado**

Estados de los puertos en el protocolo STP

- Deshabilitado (Disabled)
 - El puerto se apaga
- Bloqueado (Blocking)
 - No reenvía tramas
 - Recibe BPDUs
- Escuchando (Listening)
 - No reenvía tramas
 - Envía y recibe BPDUs

Estados de los puertos en el protocolo STP

- Aprendiendo (Learning)
 - No reenvía tramas
 - Envía y recibe BPDUs
 - Aprende nuevas direcciones MAC
- Reenviando (Forwarding)
 - Reenvía tramas
 - Envía y recibe BPDUs
 - Aprende nuevas direcciones MAC

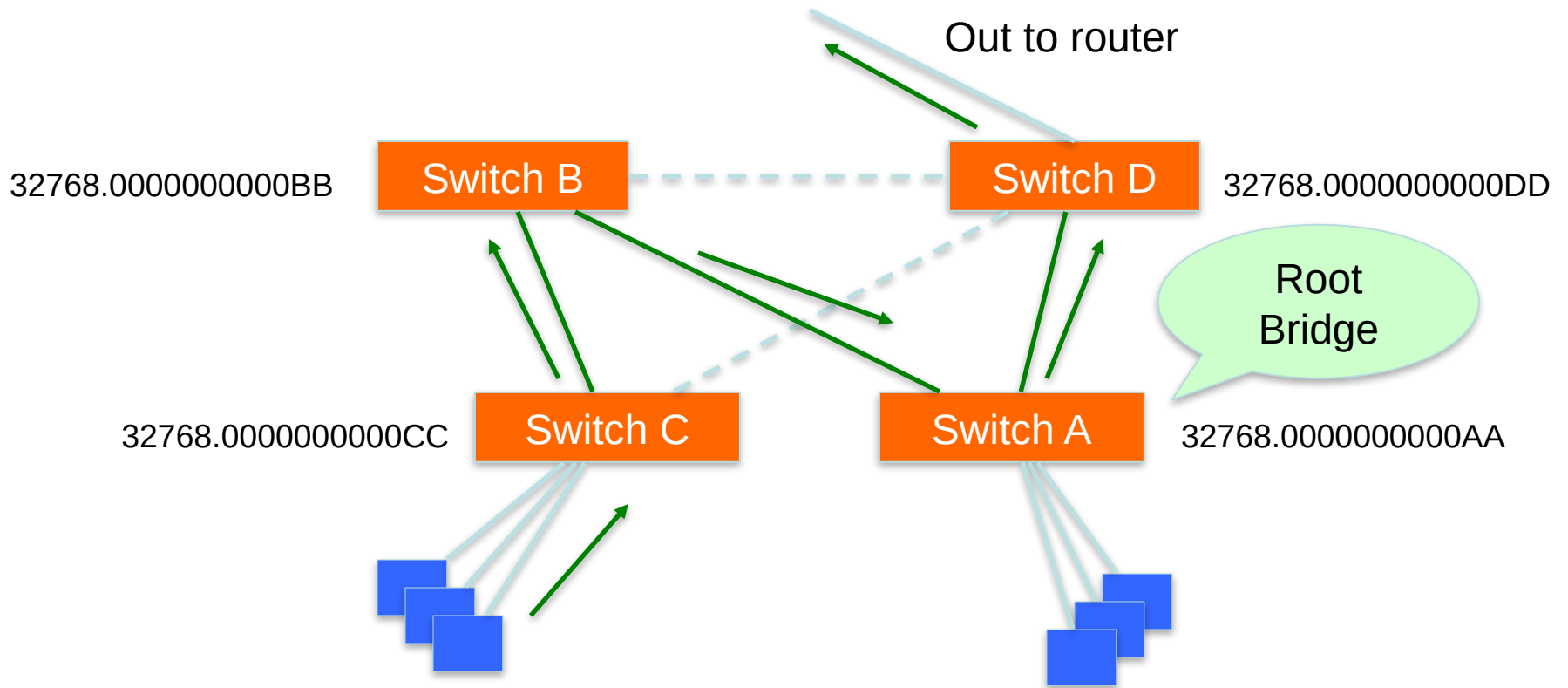
Cambios de topología en STP

- Los switches tendrán que re-calcular si:
 - Se introduce un nuevo switch
 - Podría ser un nuevo switch raíz!
 - Un switch falla
 - Un enlace falla

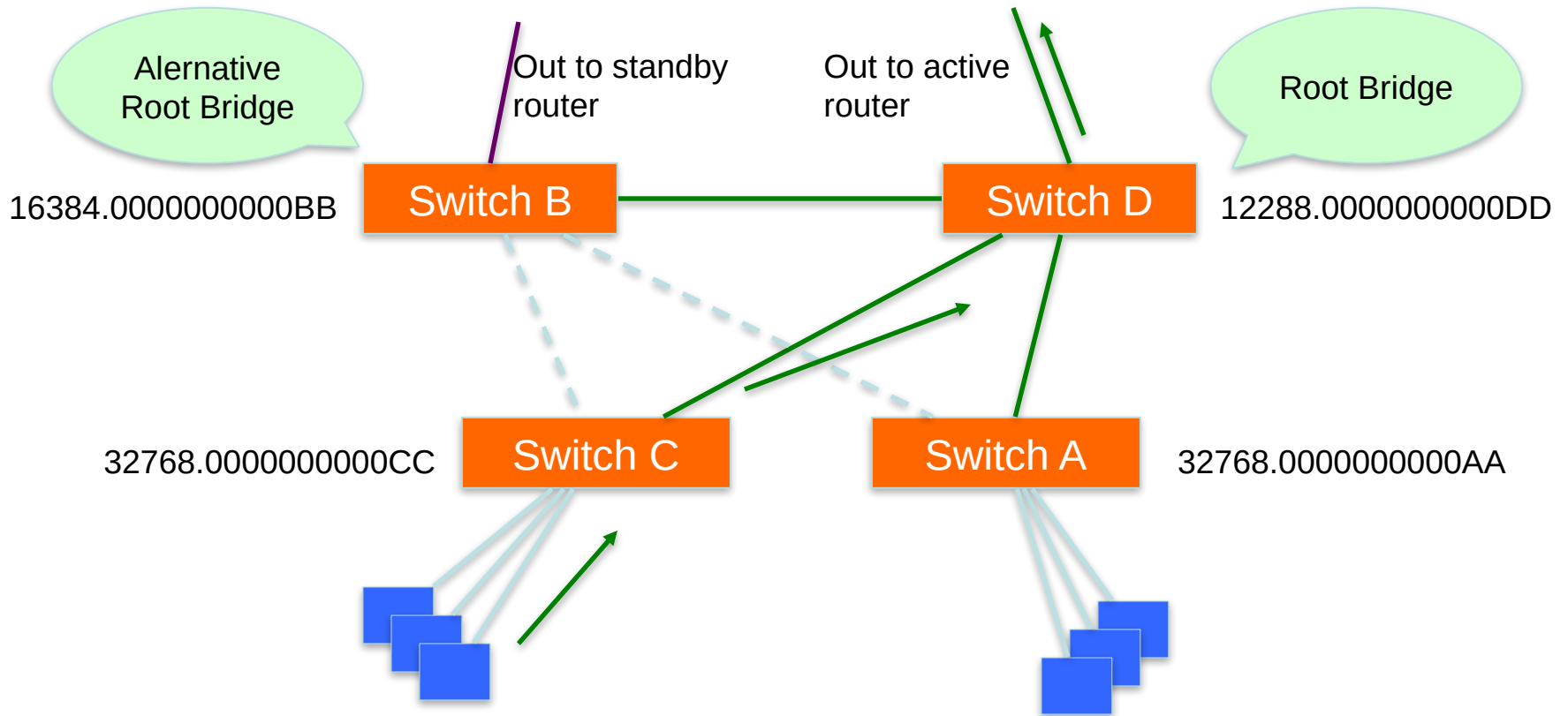
Ubicación del switch raíz

- Si utilizamos los parámetros por defecto de STP podríamos obtener resultados indeseados
 - El flujo del tráfico no será óptimo
 - Un switch inestable o lento puede ser elegido para ser raíz
- Debe tener un plan para asignar las prioridades de sus switches cuidadosamente

Mala ubicación del switch raíz



Buena ubicación del switch raíz



Protección de la topología STP

- Algunos fabricantes han añadido funcionalidades que protegen la topología de STP:
 - Root Guard
 - BPDU Guard
 - Loop Guard
 - UDLD
 - Etc.

Pautas de diseño con STP

- Active STP aún si no tiene enlaces redundantes
- Siempre planifique y configure las prioridades de cada switch
 - Haga que la elección del switch raíz sea determinística
 - Incluya un switch raíz alternativo
- De ser posible, no acepte las BPDUs en los puertos de acceso
 - Aplique *BPDU Guard* o similar

802.1d Velocidad de convergencia

- Cambiar del estado de bloqueo al estado de reenvío toma al menos 2 x unidades de Forwarding Delay (~ 30 secs.)
 - Esto puede ser molesto al conectar estaciones de usuarios
- Algunos fabricantes han creado opciones como *PortFast*, que reducen este retardo al mínimo para los puertos de usuarios
 - No utilice *PortFast* o similar en los enlaces entre switches
- Los cambios de topología toman también hasta 30 segundos
 - Esto es inaceptable en redes en producción actuales

Rapid Spanning Tree (802.1w)

- Compatible con 802.1d
- Provee convergencia mucho más rápida
- Hay que configurar cuáles puertos son los puertos de acceso
 - ej. para usuarios finales, no para conexiones con otros switches

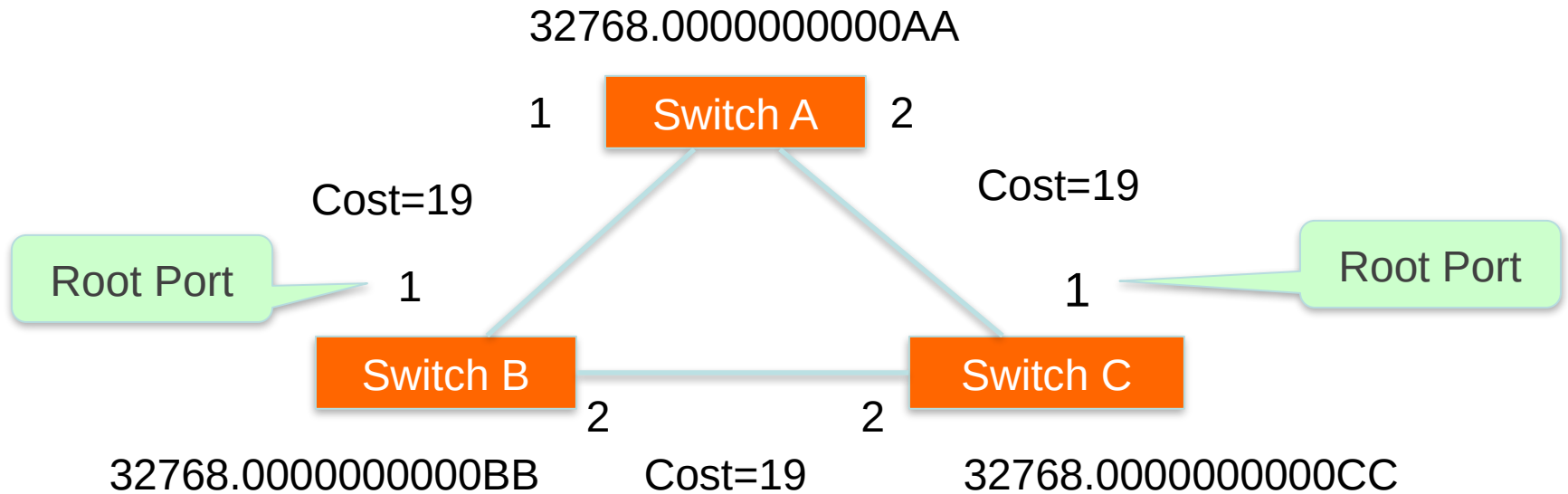
Multiple Spanning Tree (802.1s)

- También compatible con los anteriores
- La misma convergencia rápida de RSTP
- Además, le permite configurar múltiples árboles (con raíces diferentes) para diferentes grupos de VLANs
 - De esta manera se puede balancear la carga entre enlaces
 - Generalmente no vale la pena por la complejidad añadida

Configuración: Cisco

- STP está activado por defecto
- Seleccione el STP estándar (*recomendado!*)
 - `spanning-tree mode mst`
- Configure la prioridad del switch:
 - `spanning-tree mst 0 priority 12288`
- Para switches viejos que sólo aceptan PVST:
 - `spanning-tree vlan 1 priority 12288`
 - *Repetir para todas las vlans!*
- Activar portfast en todos los puertos de acceso:
 - `spanning-tree portfast default`

Selección del puerto raíz (802.1d)



Configuración: HP

- Es necesario activarlo explícitamente!
 - `spanning-tree`
- Configure la prioridad del switch:
 - `spanning-tree priority 3`
 - *Actual priority is $3 \times 4096 = 12288$*
- Desactive el port fast en cada enlace troncal:
 - `no spanning-tree <port> auto-edge-port`

Lab de STP

