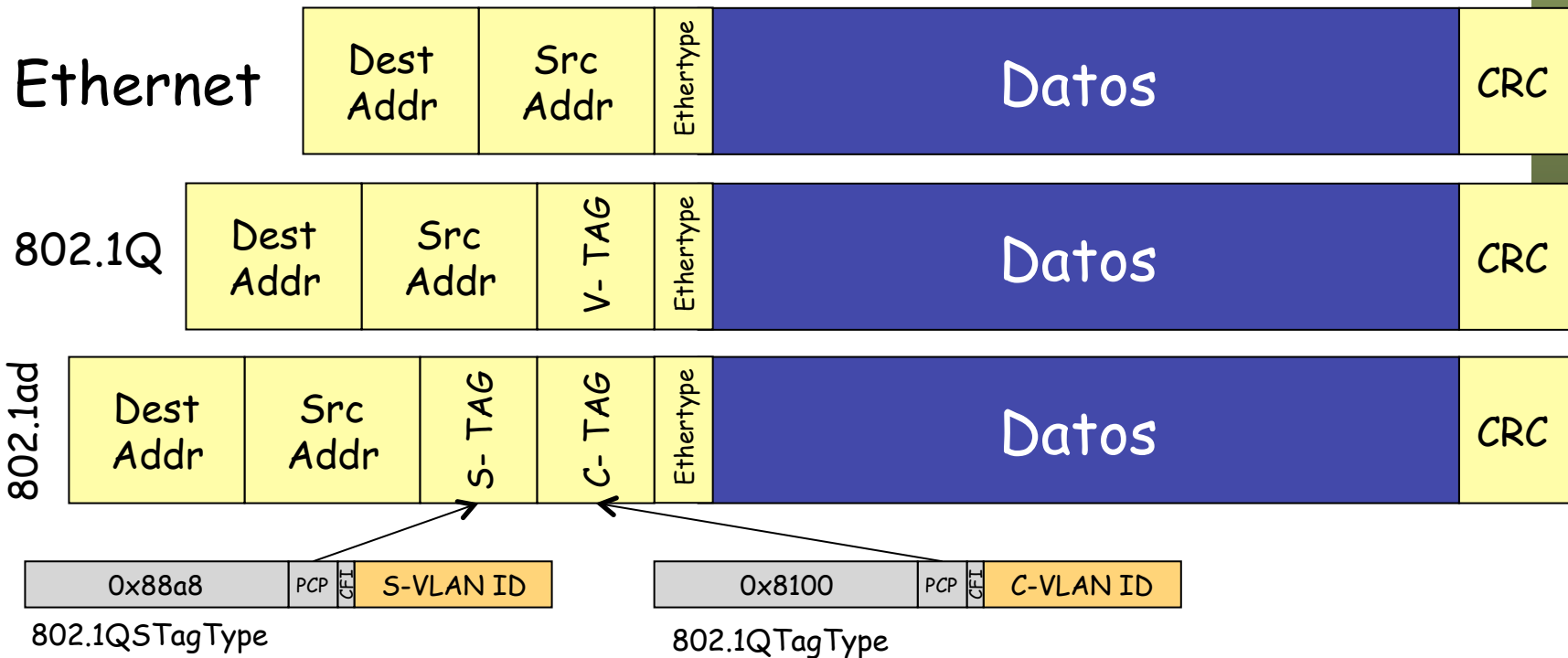


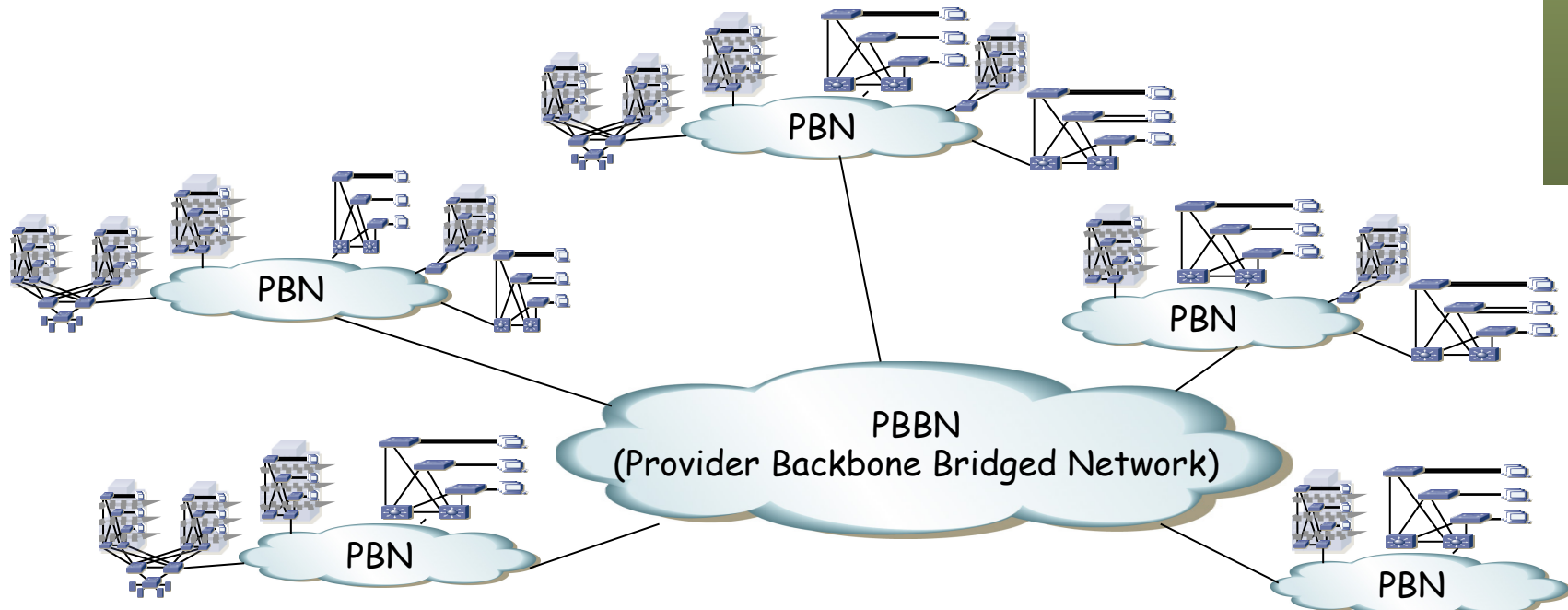
Provider Bridges

- El objetivo es que un proveedor pueda transportar tráfico Ethernet mediante una MAN/WAN Ethernet (...)
- Con 802.1Q el proveedor puede emplear tags de VLAN para diferenciar usuarios
- Pero esto impide transportar tráfico *tagged*
- 802.1ad (modificación a 802.1Q-2005) permite diferenciar entre las VLANs del cliente (C-VLAN) y las del servicio (S-VLAN) (...)



Problemas y evolución

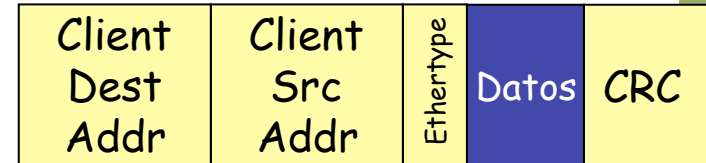
- 802.1ad implica que los puentes del proveedor ven gran número de direcciones MAC
- Solo permite 4094 clientes simultáneos
- 802.1ah (modifica 802.1Q-2005): “*Provider Backbone Bridges*”
- Posibilita conectar PBNs (*Provider Bridged Networks*) a través de una PBBN (*Provider Backbone Bridged Network*) (...)



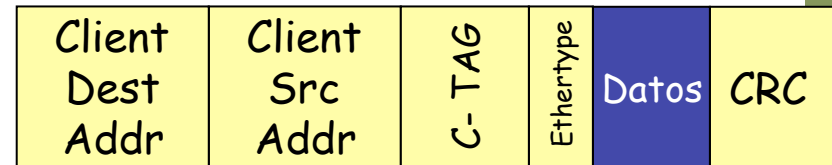
PBBNs

- Se define el Backbone Service Instance Tag (I-TAG) (... ..)

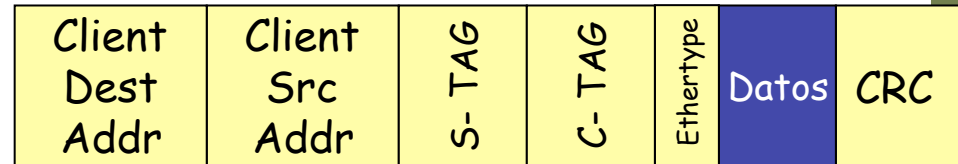
Ethernet



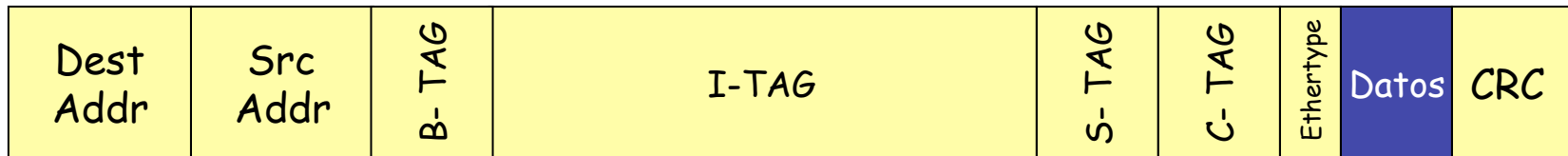
802.1Q



802.1ad

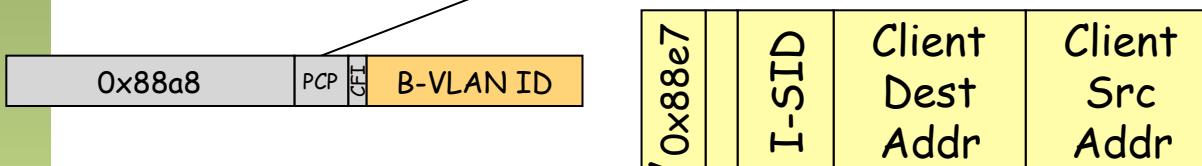


802.1ah



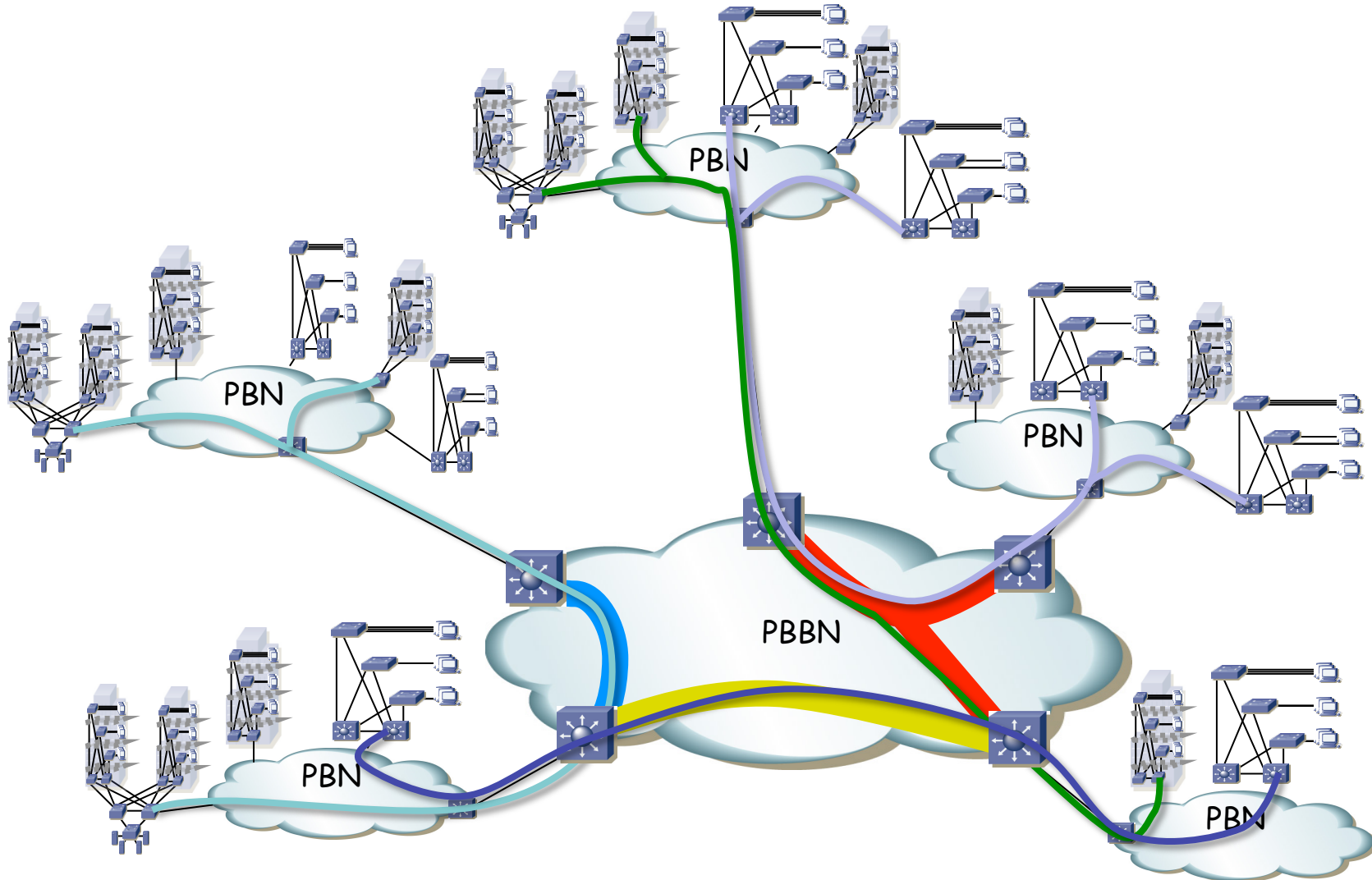
PBBNs

- Se define el Backbone Service Instance Tag (I-TAG) (... ..)
- Se encapsula la trama Ethernet 802.1ad dentro de otra:
 - B-TAG: *Backbone VLAN tag* (idéntico a un S-TAG)
 - I-SID: *Backbone Service Identifier* (24 bits)
 - C-DA: *Encapsulated Customer Destination Address*. La dirección MAC destino de la trama encapsulada (Client Dest Addr en la figura)
 - C-SA: *Encapsulated Customer Source Address*. La dirección MAC origen de la trama encapsulada (Client Src Addr en la figura)
- Direcciones MAC origen y destino son de los equipos frontera de la PBBN
- Los conmutadores de la PBBN NO ven las direcciones MAC de los equipos de cliente (van encapsuladas)



802.1QITagType

PBBNs



Traffic Engineering

- 802.1Qay-2009 “Provider Backbone Bridge Traffic Engineering”, amendment a 802.1Q-2005
- Define funcionamiento de Ethernet *orientado a conexión* usando trama PBB (PBB-TE)
- Para ello se crearían *Ethernet Switched Paths* (ESPs) desde el plano de gestión (un agente externo configura switches)
- Un ESP es como un LSP, es también unidireccional
- El camino viene identificado por las direcciones origen y destino del ESP y el identificador de VLAN del B-TAG (serían la etiqueta)
- La etiqueta NO cambia en el camino, manteniendo el funcionamiento del plano de datos de Ethernet
- El ESP puede ser punto-a-punto o punto-a-multipunto (entonces la dirección destino es una dirección MAC de grupo)
- Desactiva el *learning* para esos VLANs y descarta tramas en esa VLAN con destino desconocido
- Posibilita servicios tipo *Carrier Ethernet* (<http://metroethernetforum.org>)
- 802.1Q-2014 tiene ya 1832 páginas

SPB

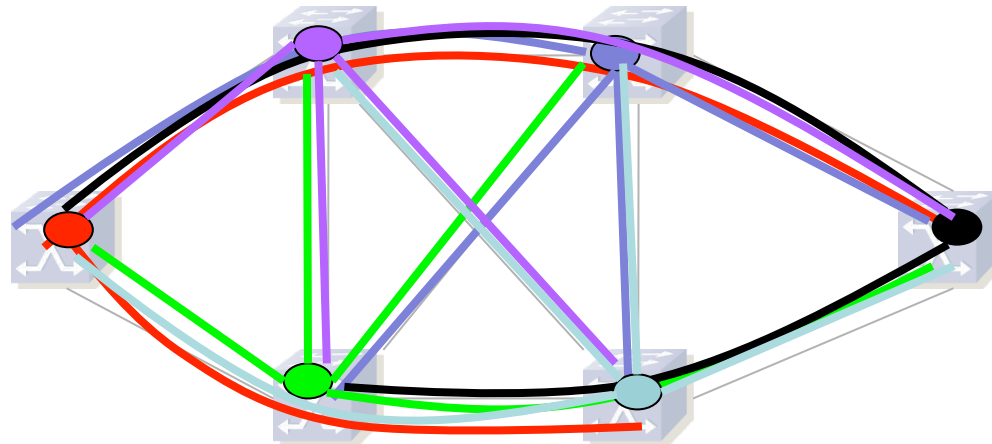
SPB: Objetivos

- *Shortest Path Bridging* (802.1aq, ya en 802.1Q-2014)
- Busca escalar la capa 2 al orden del millar de puentes
- Busca emplear múltiples caminos de igual coste
- Evitar aprendizaje de direcciones MAC donde sea posible
- Tiempos de recuperación en los centenares de milisegundos
- Reutiliza ASICs existentes
- Mantener orden y simetría en los caminos (para una VLAN)
- Compatibilidad con el resto de 802.1 (DCB, OA&M, etc)



SPB

- Sustituye {R|M}STP, pudiendo interoperar con ellos
- Para una VLAN ahora tenemos 3 posibilidades:
 - Emplear el Internal Spanning Tree (IST)
 - Emplear una Multiple Spanning Tree Instance (MSTI)
 - Emplear un “SPT set” (set of Shortest Path Trees)
- Cada SPT del SPT set tiene como raíz del árbol a un puente diferente del dominio (...)

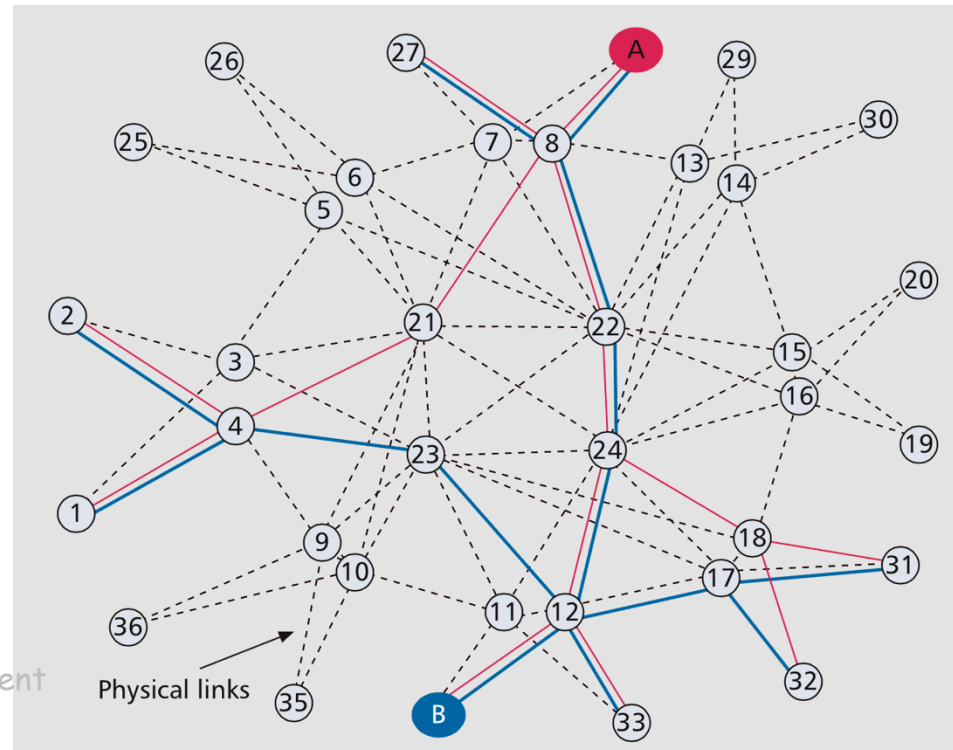


SPB: Control plane

- En el plano de control emplea IS-IS con algunas extensiones (ISIS-SPB)
- ISIS-SPB mantiene al menos un SPT (Shortest Path Tree) para cada puente con él como raíz
- Un puente envía tramas solo por uno de esos árboles

SPB: Caminos

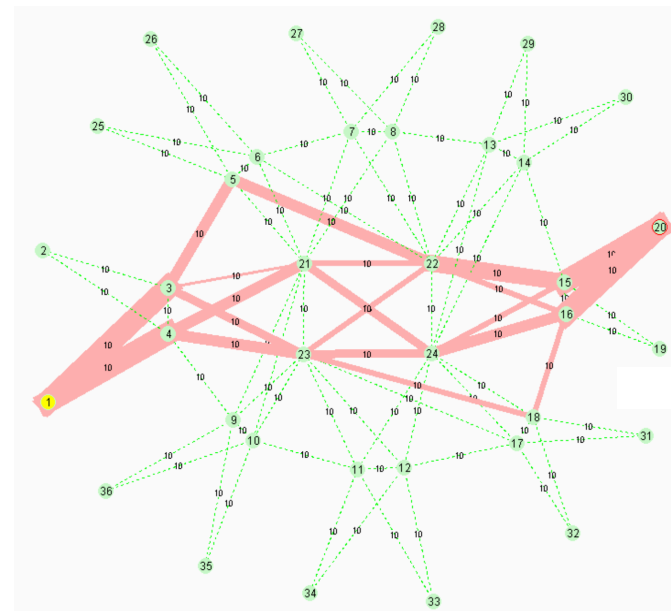
- Calcula caminos deterministas y simétricos
- Si hay varios caminos de coste mínimo entre 2 nodos solo se emplea uno de ellos en un SPT set
- Todos los nodos emplean la misma técnica de desempate para lograr caminos simétricos



D. Allan, et al. "Shortest Path Bridging: Efficient Control of Larger Ethernet Networks. IEEE Comm.Magazine

SPB: Load Balancing

- Al calcular SPTs se está distribuyendo la carga más que con un solo árbol de expansión
- Además puede calcular múltiples Equal Cost Trees (ECTs)
- Cada ECT resulta de un algoritmo de desempate
- Define 16 algoritmos de desempate, lo cual da hasta 16 ECTs
- SPTs resultado de un tipo de desempate forman un “SPT set”
- El balanceo de carga se hace distribuyendo VLANs por ellos
- No hace balanceo a nivel de paquete ni de flujo



SPB: Loops

- Loops pueden producirse temporalmente
- Cuando las bases de datos de IS-IS no están sincronizadas
- Emplea RPF (Reverse Path Forwarding) para intentar evitarlos
- También emplea técnicas para evitar tener un loop mientras converge IS-IS
- Pero sigue sin haber TTL

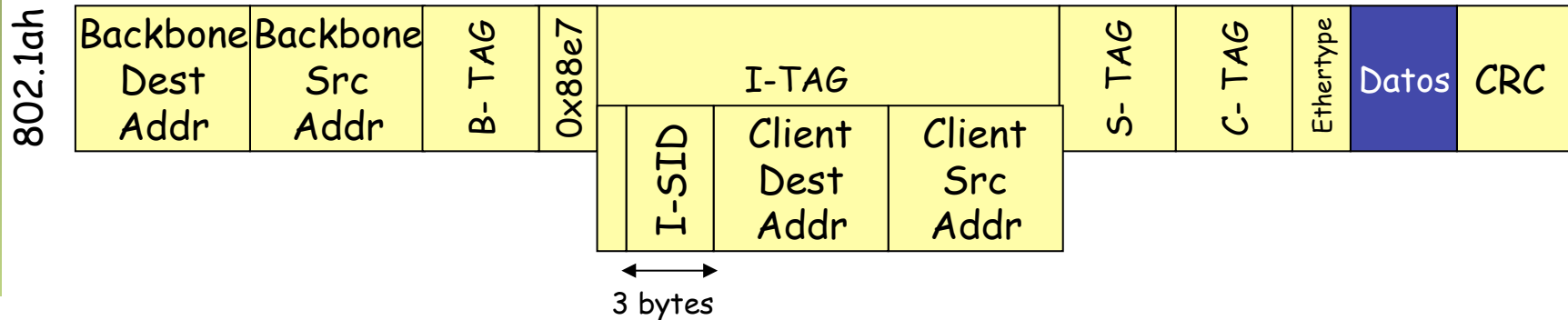


SPB: Modos

- En la asignación de tramas de una VLAN a un SPT se definen dos modos posibles:
 - SPBM: *Shortest Path Bridging MAC*
 - SPBV: *Shortest Path Bridging VID*
- Todos los puentes emplean el mismo modo para una VLAN concreta

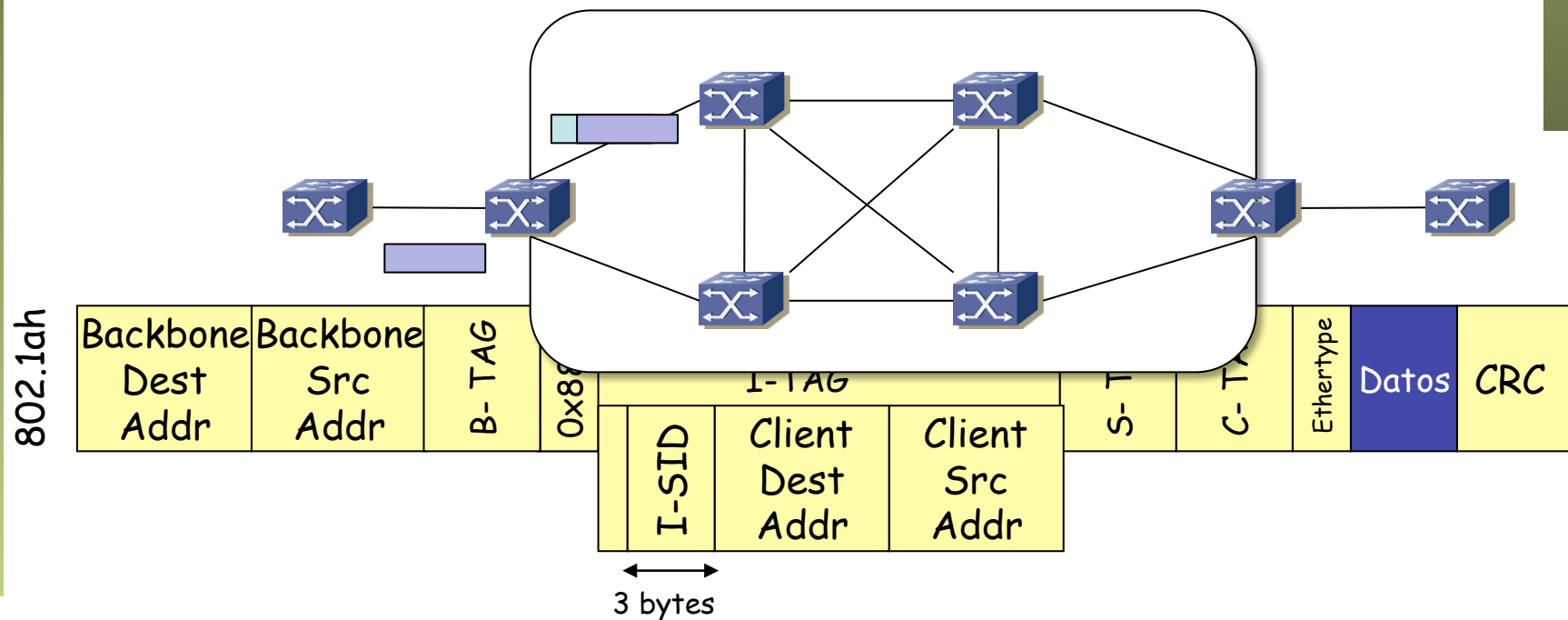
SPBM

- *Shortest Path Bridging MAC Mode*
- Emplea encapsulado 802.1ah (MAC-in-MAC)
- Transporta transparentemente las VLANs de usuario
- El I-SID permite distinguir una gran cantidad de servicios
- Las tramas se transportan solo entre puertos que mapeen al mismo I-SID
- Cada I-SID se mapea a un B-VID (VLAN del backbone)
- La pareja de B-VID y dirección origen del backbone identifican al SPT



SPBM

- Solo los puentes frontera aprenden MACs de usuarios
- Si no tienen aprendida una dirección de usuario harán multicast
- Los puentes del backbone solo ven las MACs frontera
- Aprenden cómo llegar a esas direcciones mediante ISIS-SPB
- Es decir, el aprendizaje típico de puente se puede desactivar
- Hace una búsqueda de la dirección MAC destino para averiguar a qué puente frontera del Backbone mandar la trama



SPBM: Multicast

- Para las tramas BUM: tramas de usuario con destino desconocido en el nodo frontera o tramas con destino multicast/broadcast
- Dos alternativas seleccionables por usuario
 - Replicación en el nodo frontera y unicast
 - Construcción de árboles multicast con raíz en cada nodo
- Unicast y multicast sigue el mismo camino
- En caso de árboles para el multicast emplea una dirección MAC origen específica para el grupo
 - SPSourceID identifica al puente
 - I-SID

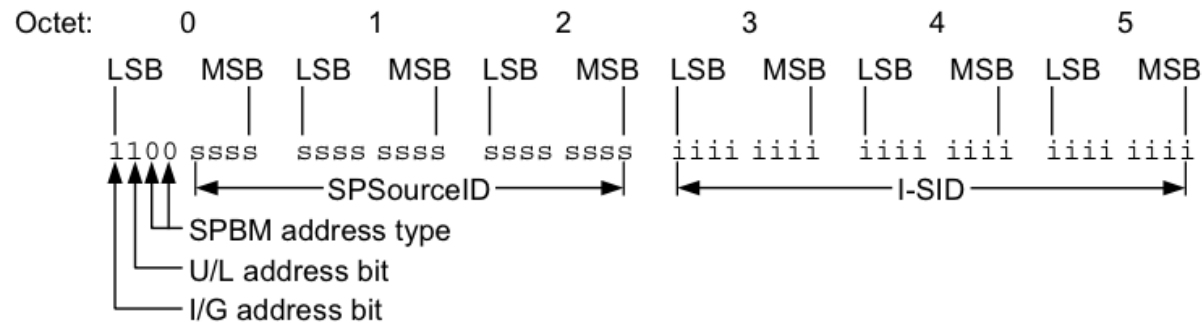
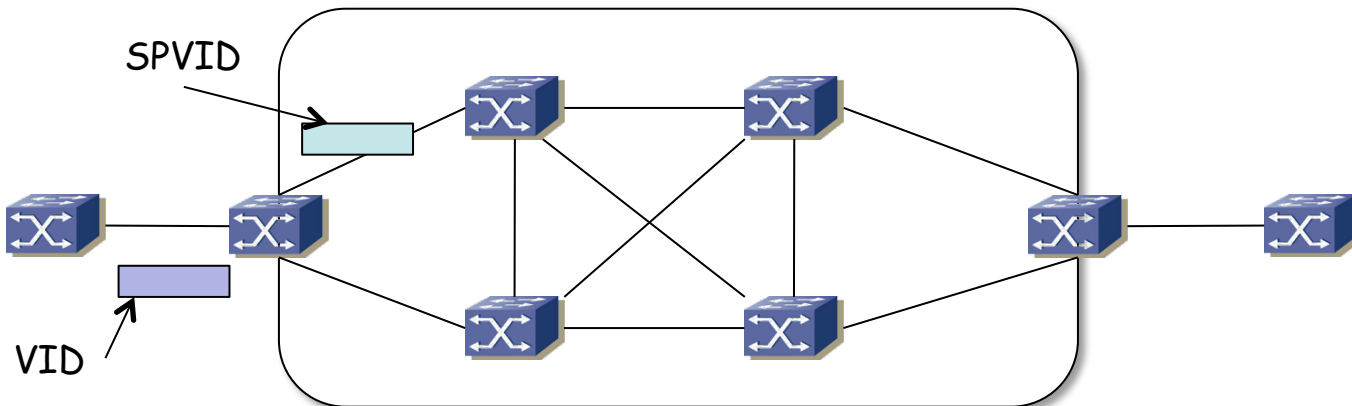


Figure 27-3—SPBM Group MAC Addresses used by this standard

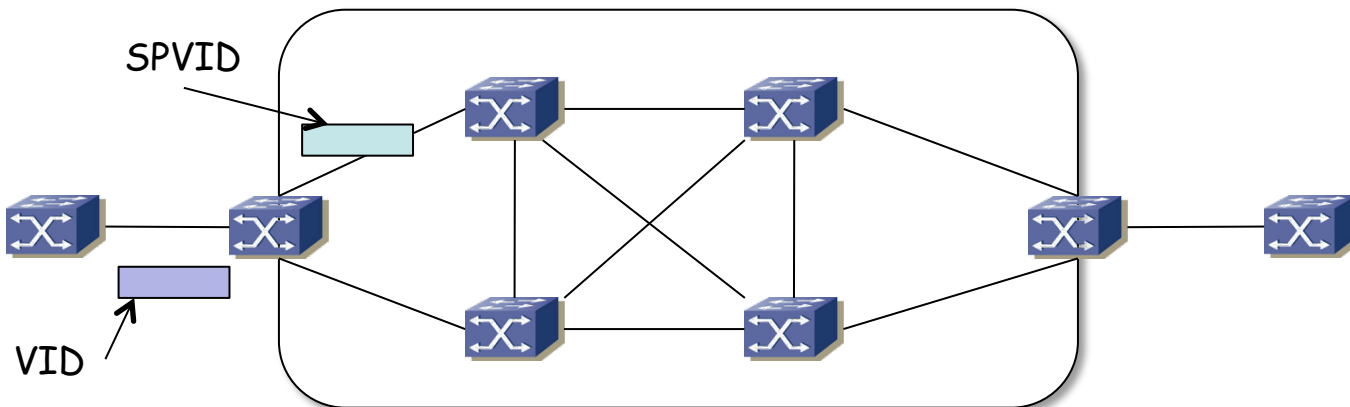
SPBV

- *Shortest Path Bridging VID*
- Requiere menos configuración que SPBM
- Un nodo frontera recibe tramas de una VLAN
- Calcula un SPVID (*Shortest Path VLAN Identifier*) en base al VID y el nodo de entrada (un SPVID para cada pareja)
- Se envía la trama con el SPVID como VID
- El cambio se deshace en el nodo de salida
- El mapeo se sincroniza entre los nodos empleando ISIS-SPB



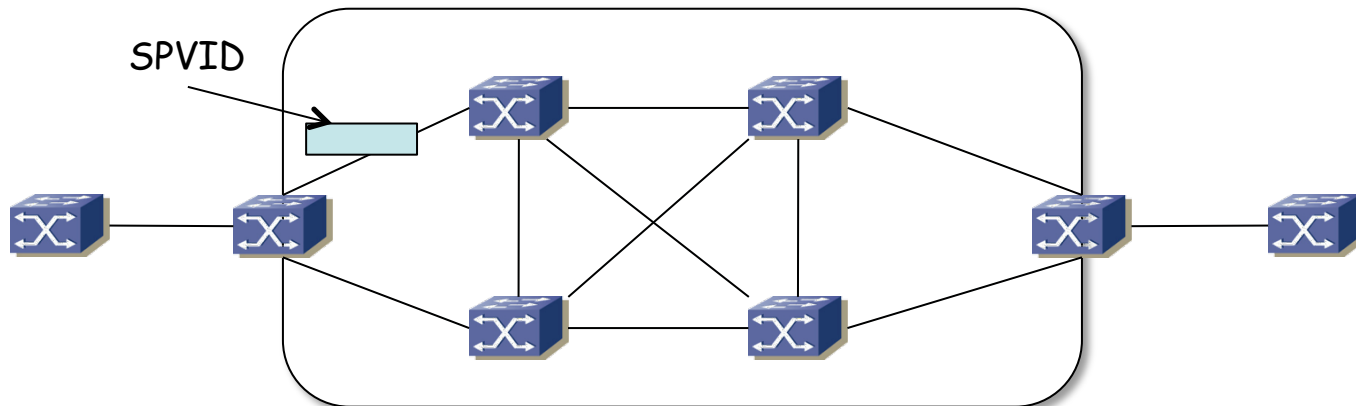
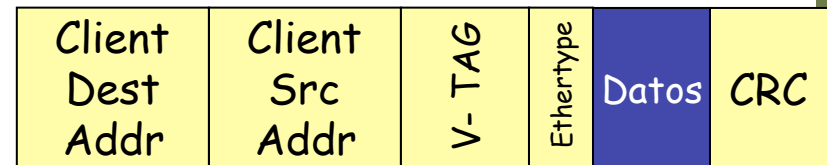
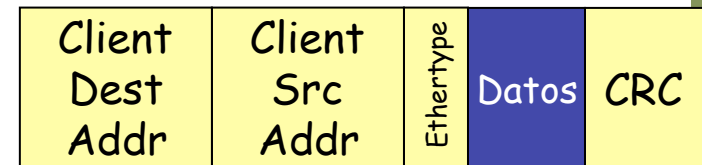
SPBV

- Es decir, en el backbone se emplea una VLAN para cada SPT
- Eso limita a $(n^{\circ}\text{VLANs_en_backbone} \times n^{\circ}\text{Nodos}) < 4095$
- El aprendizaje de bases de datos de filtrado en el backbone es compartido entre todos los SPVID de la misma VLAN de usuario
- Si no puede asignar un SPVID no cambia el VID y emplea el IST



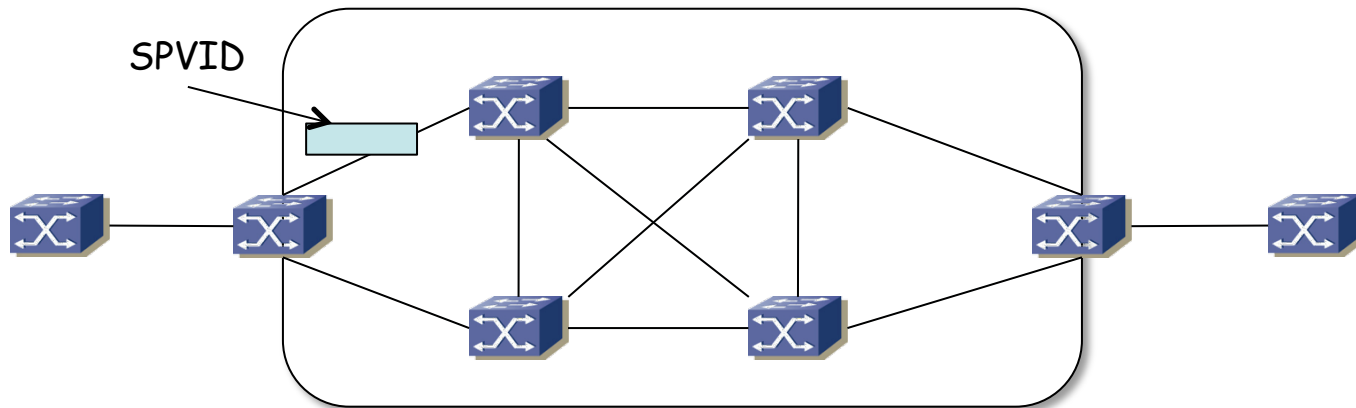
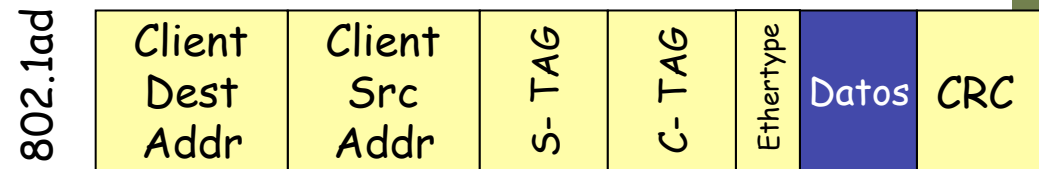
SPBV

- Si la trama original no tiene encapsulado de VLAN se añade el SPVID con 802.1Q
- Se retira a la salida
- Si tiene encapsulado 802.1Q se modifica el V-TAG
- No separa el direccionamiento de espacio del usuario del empleado en el backbone



SPBV

- Si la trama original tiene encapsulado 802.1ad (Q-in-Q) se modifica el S-TAG con el SPVID



ECMP 802.1Qbp

- 802.1Q-2014 tiene ya 1.832 páginas
- 802.1aq daba tres posibilidades:
 - Emplear el Internal Spanning Tree (IST)
 - Emplear una Multiple Spanning Tree Instance (MSTI)
 - Emplear un “SPT set” (set of Shortest Path Trees)
- 802.1Qbp añade dos posibilidades más
 - Emplear un conjunto de *Traffic Engineered Service Instances* (TESIs)
 - Emplear múltiples caminos de igual coste (hasta 16) que reparten el tráfico desde cada puente (ECMP)
- La solución ECMP solo se puede emplear en modo SPBM
- Permite repartir el tráfico de una misma VLAN
- Deja de garantizar que unicast y multicast sigan el mismo camino

ECMP 802.1Qbp

- Añade la posibilidad de un Flow-Tag (F-TAG)
- Ese campo contiene un identificador de flujo
- Puede hacer el balanceo en base a ese identificador (las tramas con el mismo valor siguen siempre el mismo árbol)
- De esa forma mantiene el orden en las tramas de un flujo
- El F-TAG contiene también un campo de TTL

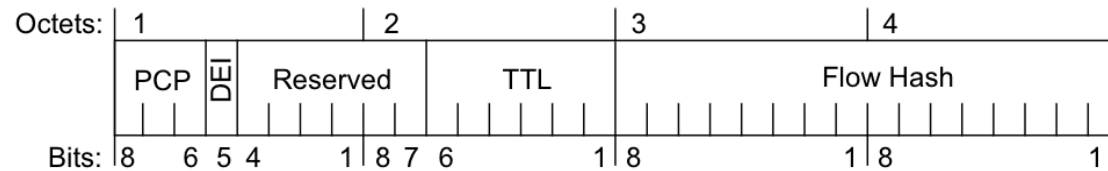
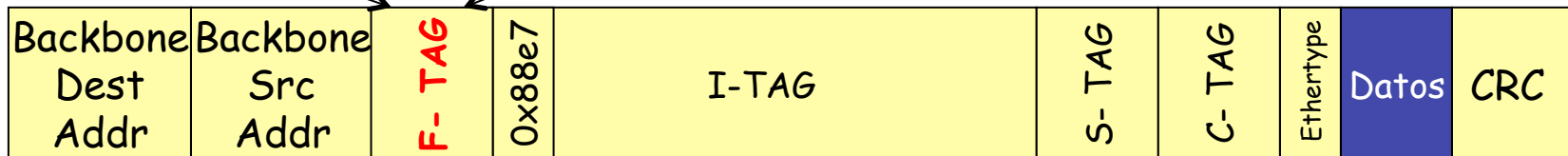


Figure 44-8—Flow Filtering TCI format

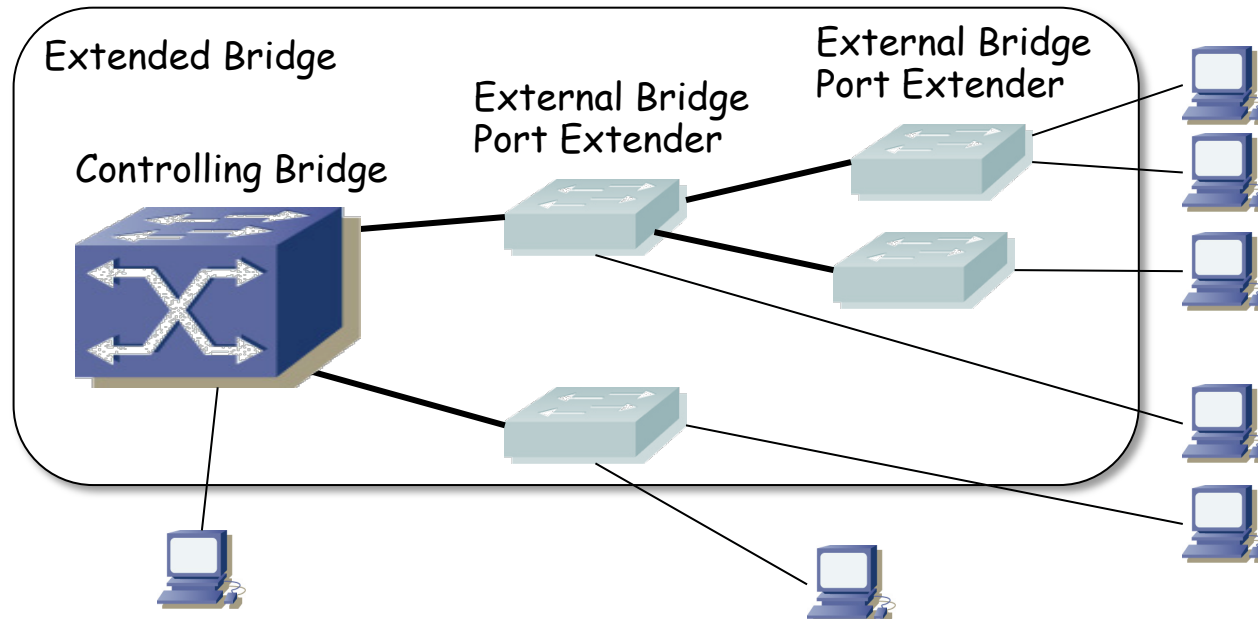
Ethertype = 0x894b



Extended Bridges y Virtual Bridging

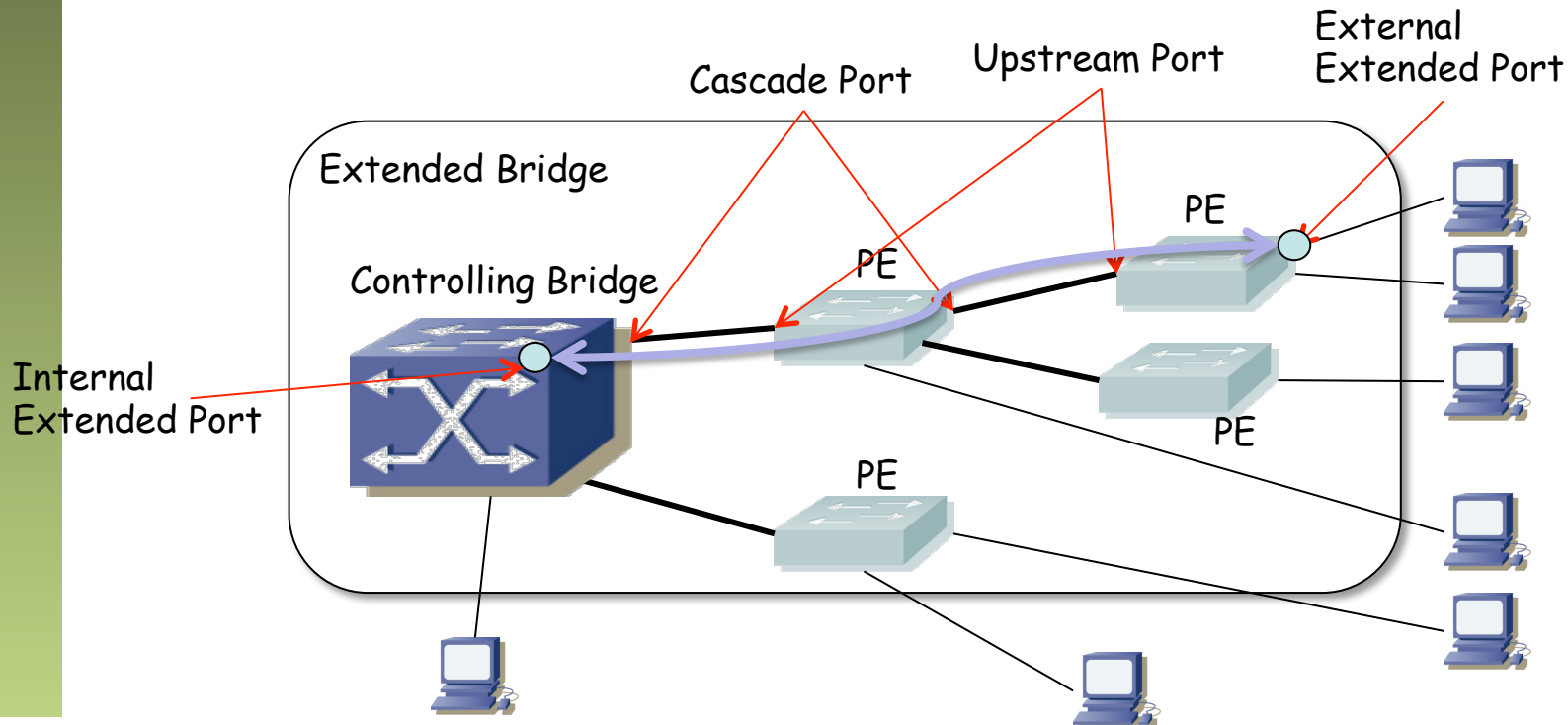
802.1BR Extended Bridge

- 802.1BR-2012 “Bridge Port Extension”
- Inicialmente 802.1Qbh (modificación a 802.1Q) pero lo cancelaron y lo movieron a un estándar independiente
- Introduce el *Extended Bridge*, que es simplemente un puente 802.1Q
- Está formado por *Controlling Bridge* y uno o más *Bridge Port Extenders*
- Forman un árbol con el Controlling Bridge como raíz (no STP interno)
- Todo ello forma un puente 802.1Q (el Extended Bridge) (...)
- Todo el extended bridge se gestiona como una unidad



Extended Bridge

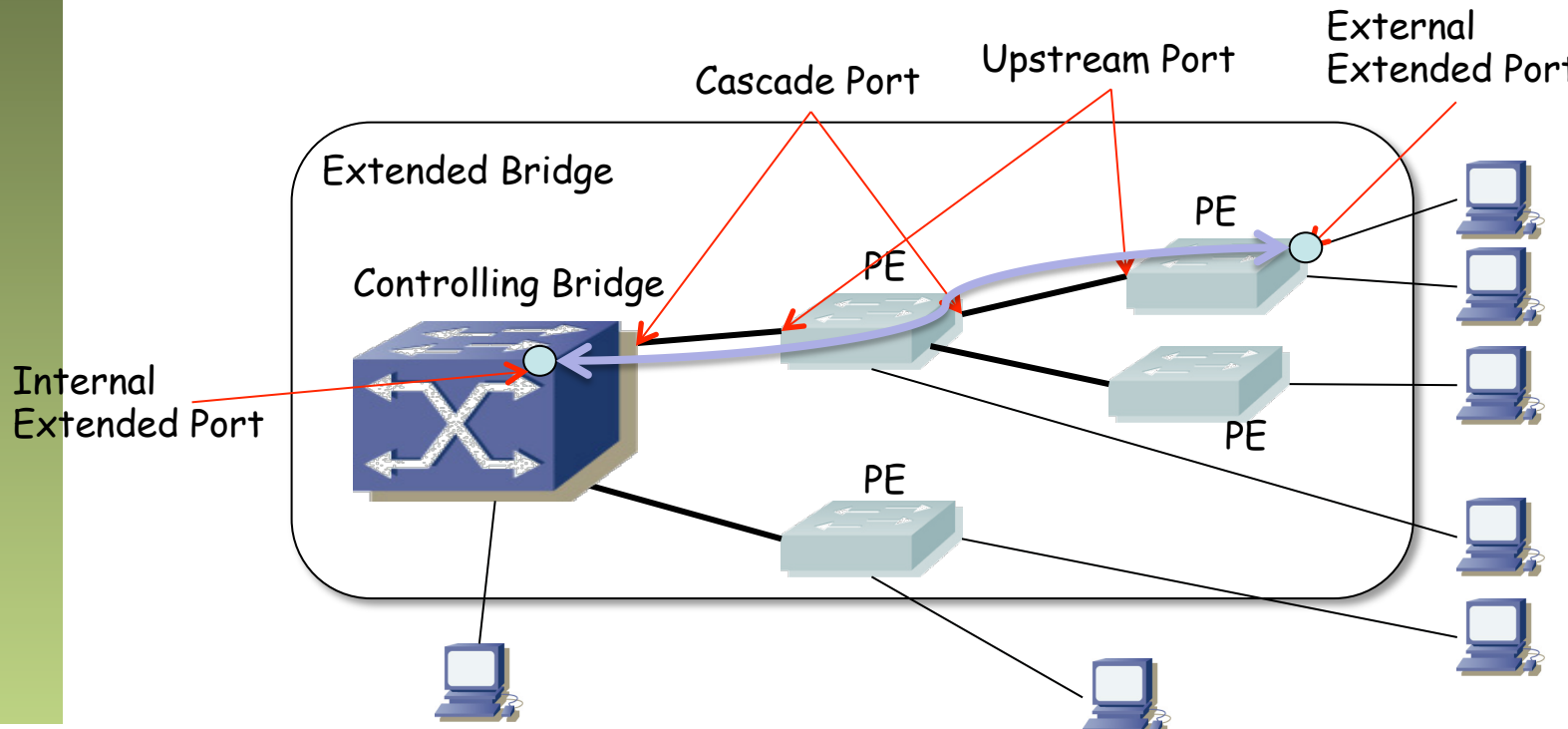
- Todos los puertos de los PE tienen su imagen en puertos internos del Controlling Bridge
- El camino bidireccional desde el puerto externo al interno en el Controlling Bridge se llama un *E-channel* (...)
- El tráfico se conmuta en el Controlling Bridge



Extended Bridge

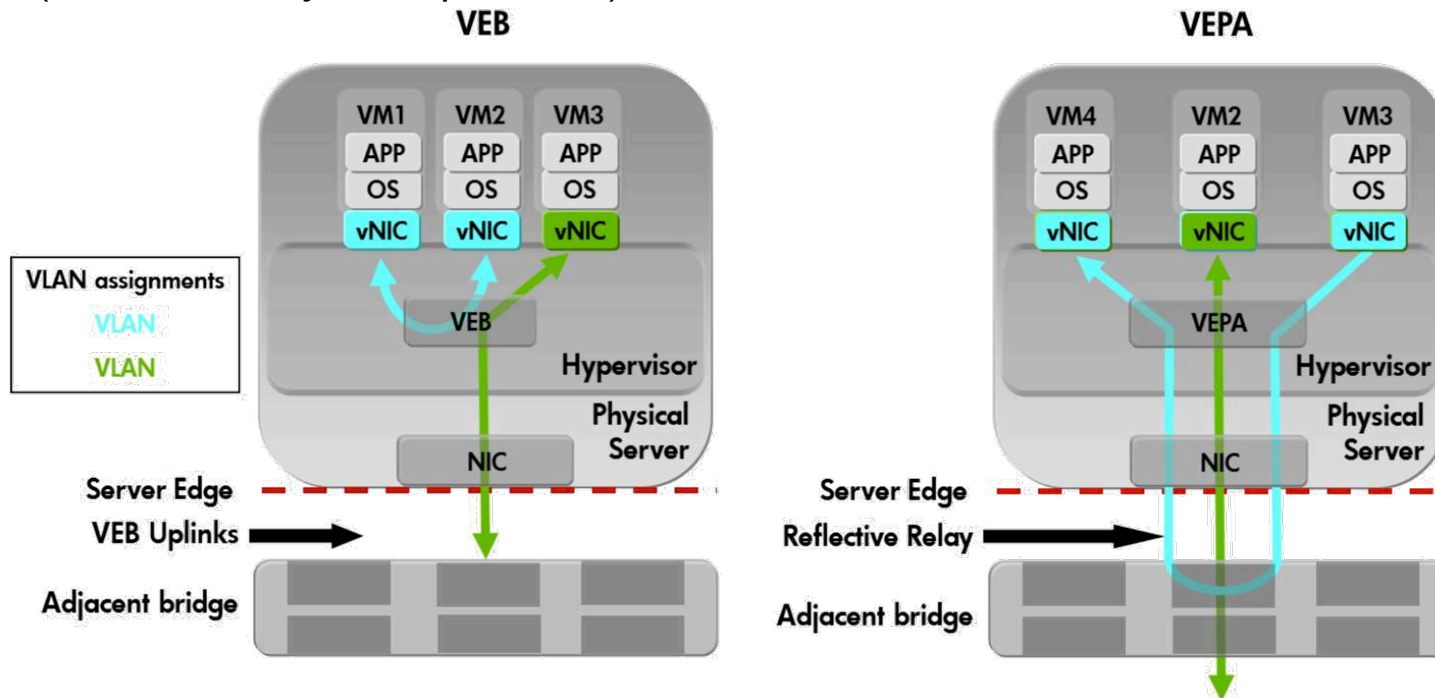
- Un E-channel se identifica por un E-channel Identifier (E-CID)
- A una trama que entra por un Extended Port se le añade un E-Tag
- Entre otros aspectos permite identificar al puerto por el que entró la trama (de hecho al E-channel)

Client Dest Addr	Client Src Addr	E-TAG	C-TAG	Ethertype	Datos	CRC
------------------------	-----------------------	-------	-------	-----------	-------	-----



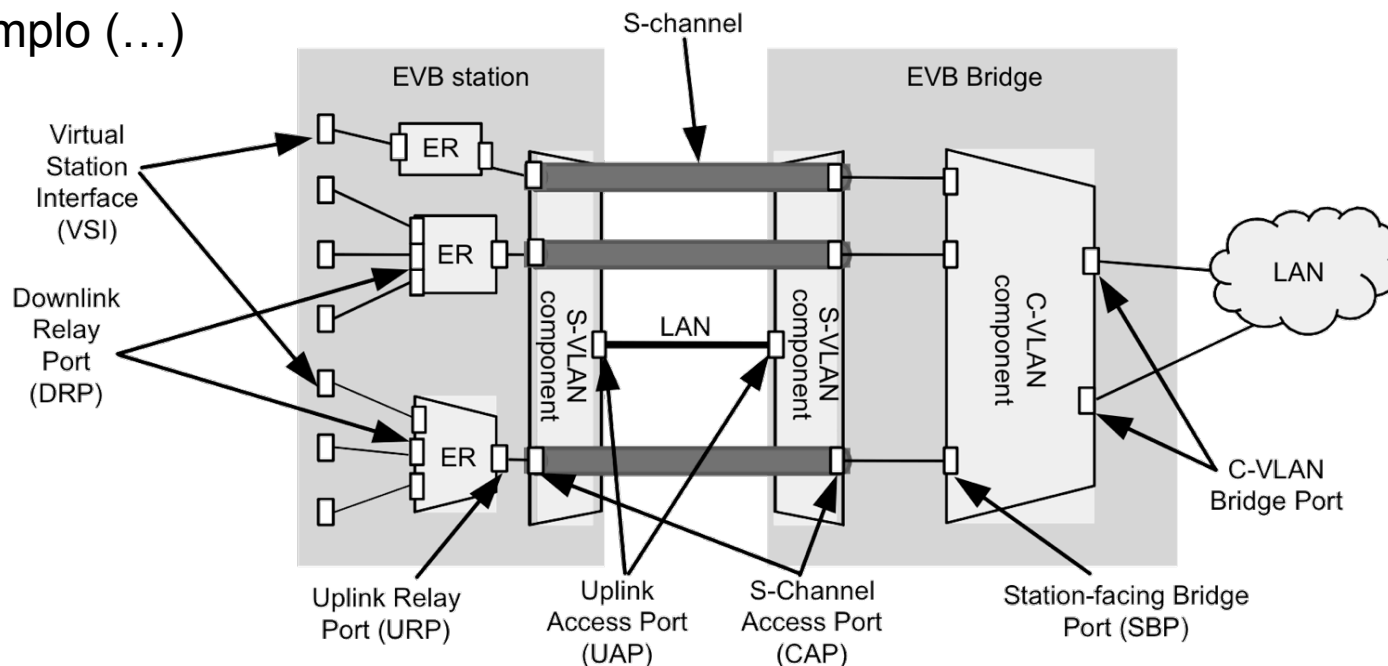
802.1Qbg EVB

- 802.1Qbg-2012 “Edge Virtual Bridging”, ya en 802.1Q-2014
- El hypervisor además de hacer de VEB (*Virtual Edge Bridge*) puede hacer de VEPA (*Virtual Edge Port Aggregator*)
- Se busca que el switch físico se encargue de conmutar el tráfico incluso entre las VMs del mismo host (resulta en mayor utilización de los enlaces)
- Es decir, el VEPA no conmuta internamente sino que manda al exterior
- El switch físico suele poder implementar más políticas que los switches software
- ¡ El switch debe reenviar tráfico por el mismo puerto por el cual le llegó ! (*reflective relay* o *hairpin turns*)



802.1Qbg *S-channels*

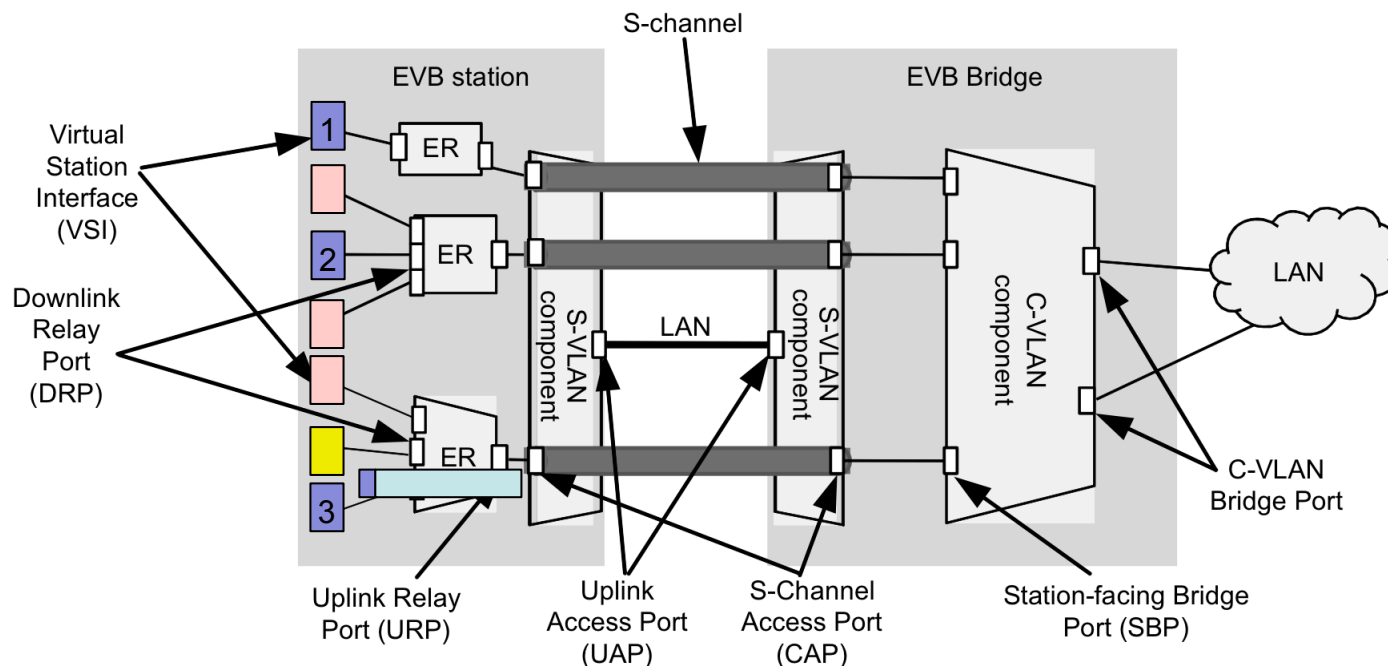
- Comunicación entre dos VMs en diferente vSwitch
- Multiplexar enlaces trunk lógicos sobre uno físico
- Se etiqueta la trama con un S-Tag (QinQ) para transportarla al switch físico e identificar al S-channel
- El S-channel identifica al vSwitch
- CDCP = “S-Channel Discovery and Configuration Protocol”
- CDCP emplea LLDP con nuevos TLVs
- Ejemplo (...)



802.1Qbg-2012 Figure 40-1—EVB architecture overview

802.1Qbg S-channels

- Ejemplo
 - Trama de VSI 1 a VSI 3, en la VLAN azul
 - Se etiqueta con S-Tag para el S-channel
 - Se retira el S-Tag y se decide dónde está el destino
 - Se etiqueta con un nuevo S-Tag para el S-channel que lleva al destino
 - Se retira el S-Tag y el vSwitch entrega la trama al VSI
 - La trama no ha sido vista por el vSwitch donde está el VSI 2



802.1Qbg-2012 Figure 40-1—EVB architecture overview

802.1Qbg VDP

- VDP = “VSI discovery and configuration protocol”
- VSI = “Virtual Station Interface”
- Permite notificar al switch físico de la presencia de una VM
- Eso permite la configuración del puerto del switch con el perfil necesario para esa nueva VM
- Transportado como TLVs sobre ECP (*Edge Control Protocol*)
- ECP a su vez son tramas Ethernet con Ethertype 0x8940, incluye confirmaciones