

PAR - Unidad 5

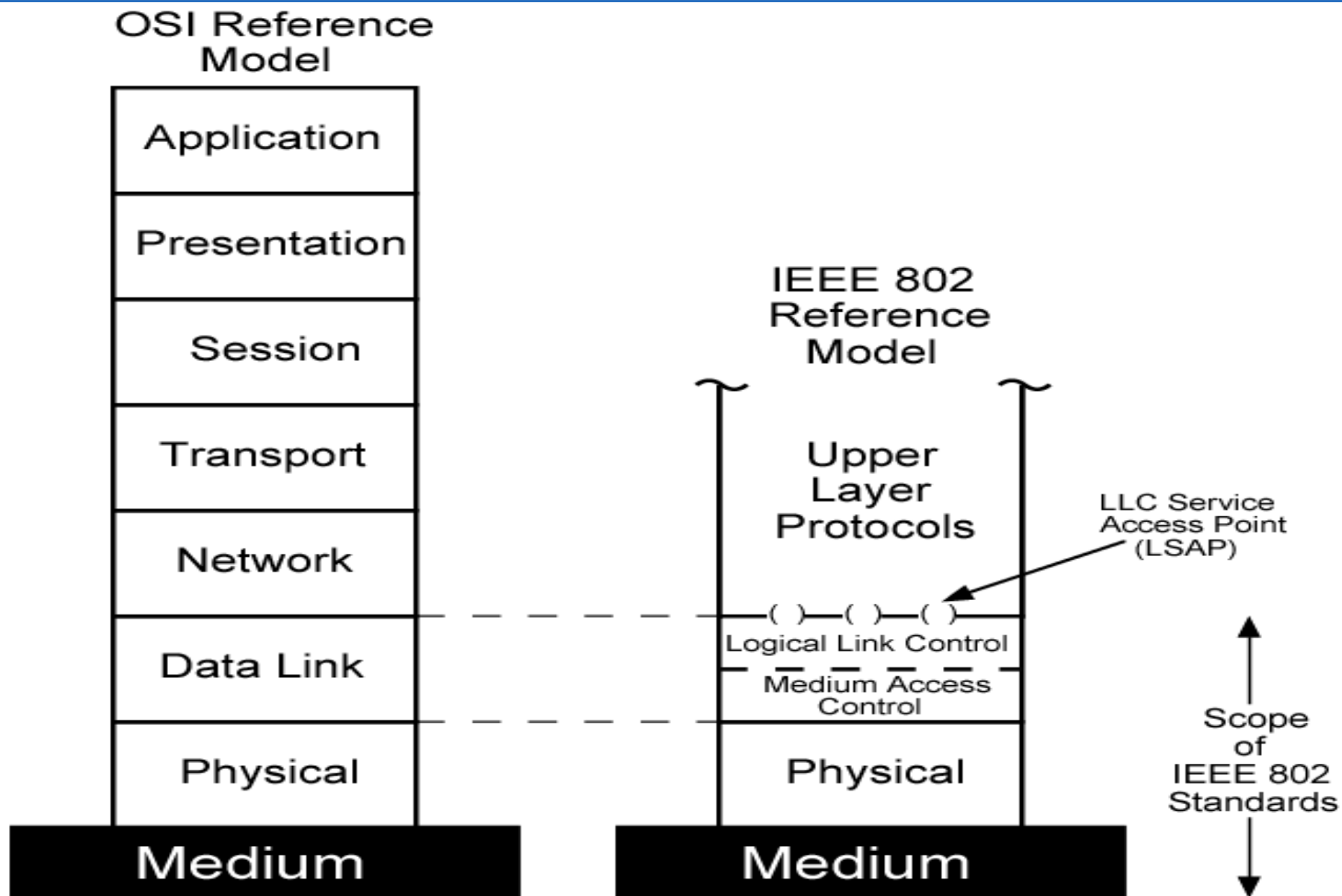
**Conexión de LANs: protocolos de la
capa de enlace de datos:**

IEEE 802. - INTRODUCCIÓN

IEEE 802

- IEEE se suele pronunciar *lecubo*: **802.Nº[Letra(s)]**.
- Familia de estándares para **PANs, LANs y MANs**, que tratan con la **capa física y de enlace de datos**.
- Los estándares **802.1** tratan de cuestiones generales sobre arquitectura, interconexión, seguridad y gestión de redes LANs y MANs.
- La mayoría definen estándares para distintas arquitecturas LANs y MANs específicas, p. ej.:
 - **802.3** (basado en *Ethernet*).
 - **802.11** (WLAN) y **802.15** (*Bluetooth* y otros).
- Los estándares 802 anteriores y muchos otros definen diferentes capas físicas y de acceso al medio, pero hacen uso de la misma capa de control de enlace lógico **802.2** (LLC).

IEEE 802 - Arquitectura



IEEE 802 - Capas

- **Física**

- codificación y señalización de los bits provenientes de la subcapa MAC.

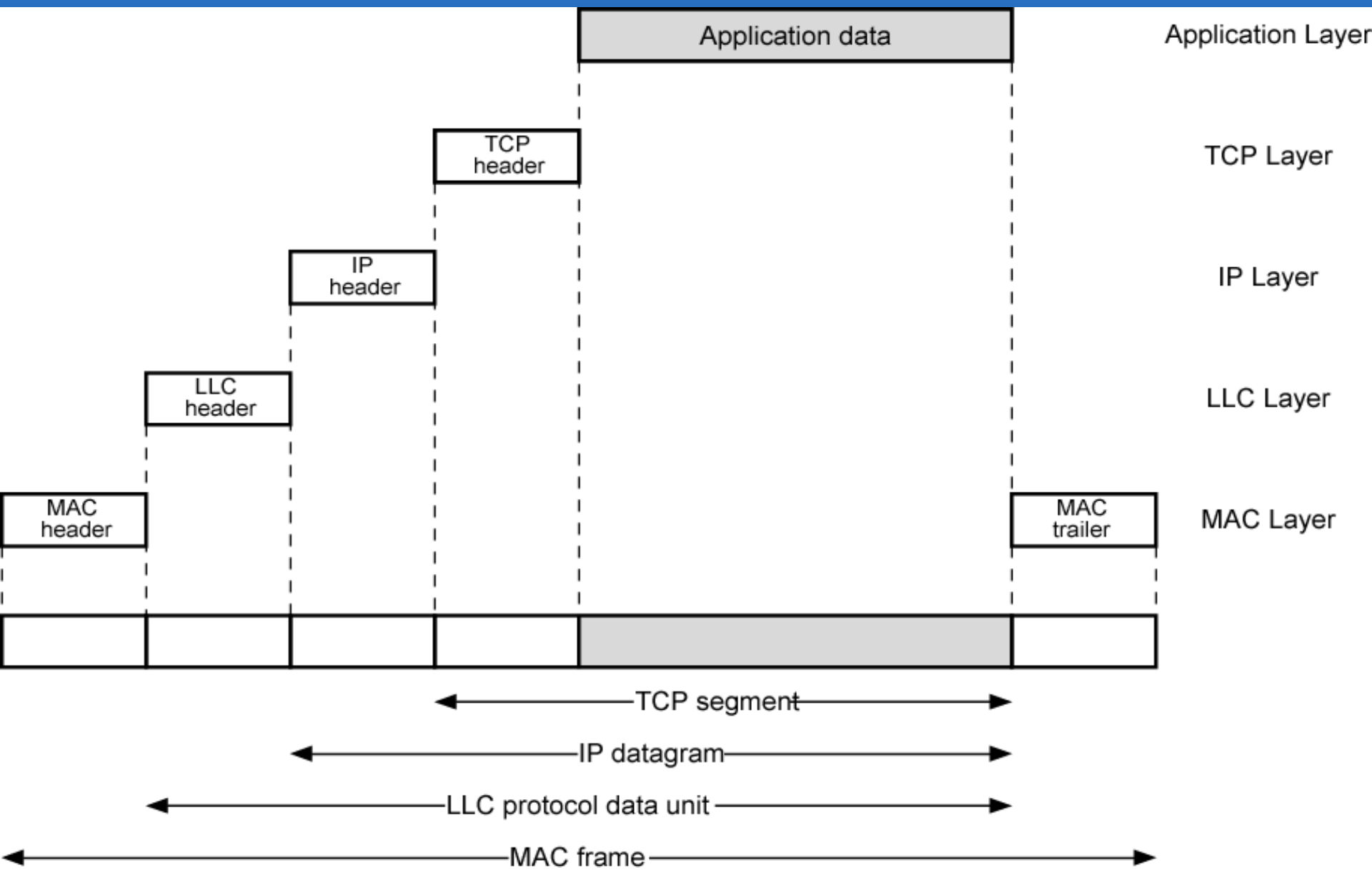
- **MAC** (*Media Access Control*)

- delimitación y reconocimiento de las tramas,
- direccionamiento de las estaciones de destino,
- transporte de la información de direccionamiento de la estación de origen,
- transmisión transparente de los datos de los PDUs de la subcapa LLC (o equivalente en Ethernet),
- protección contra errores, mediante secuencias de comprobación de tramas,
- control de acceso al medio físico de transmisión.

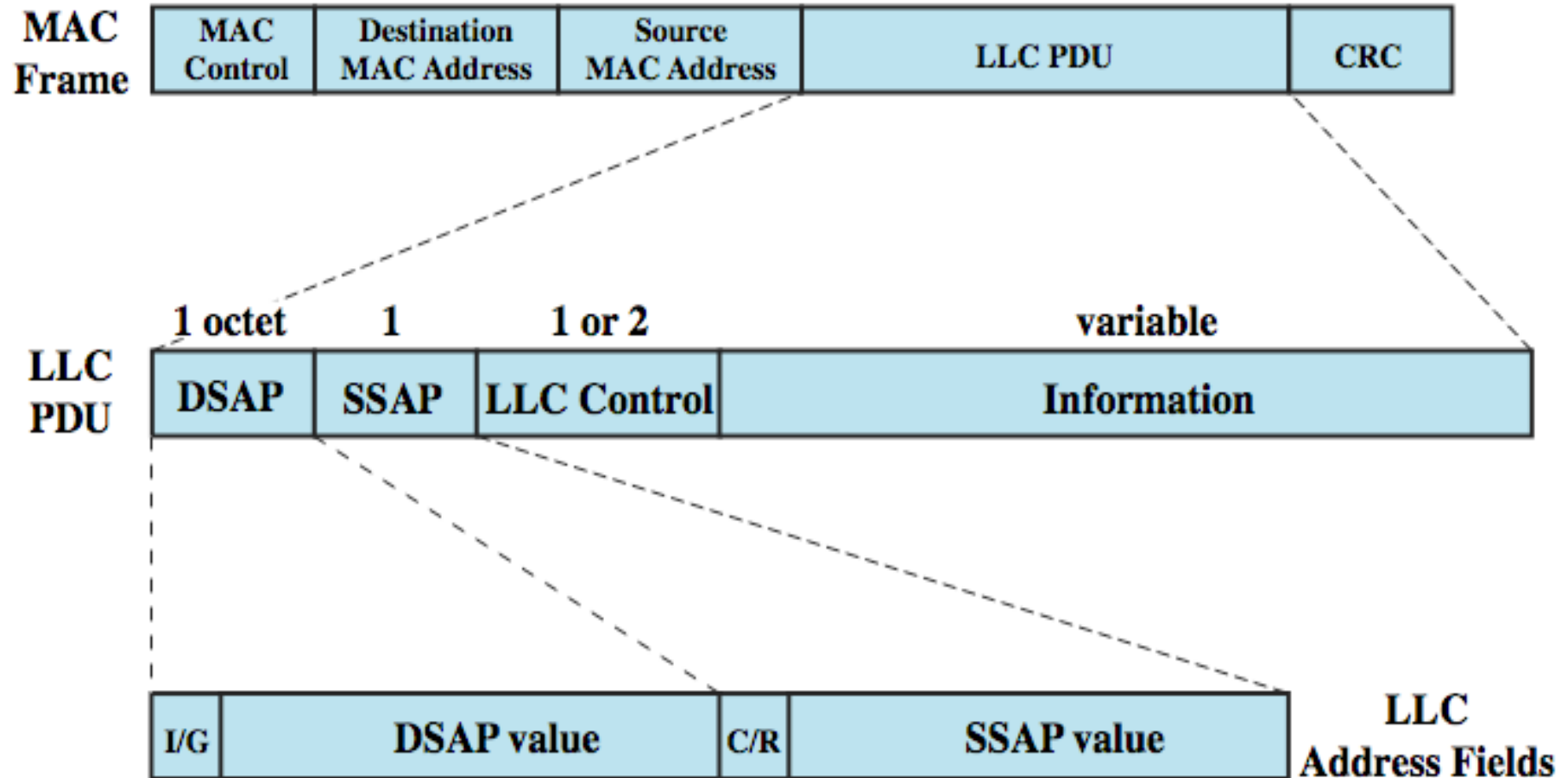
- **LLC** (*Logical Link Control*): un único estándar (802.2)

- 3 tipos de servicios: no fiable sin conexión (I), con conexión (II) y fiable sin conexión (III)

IEEE 802 - En contexto



IEEE 802 - Formato de trama



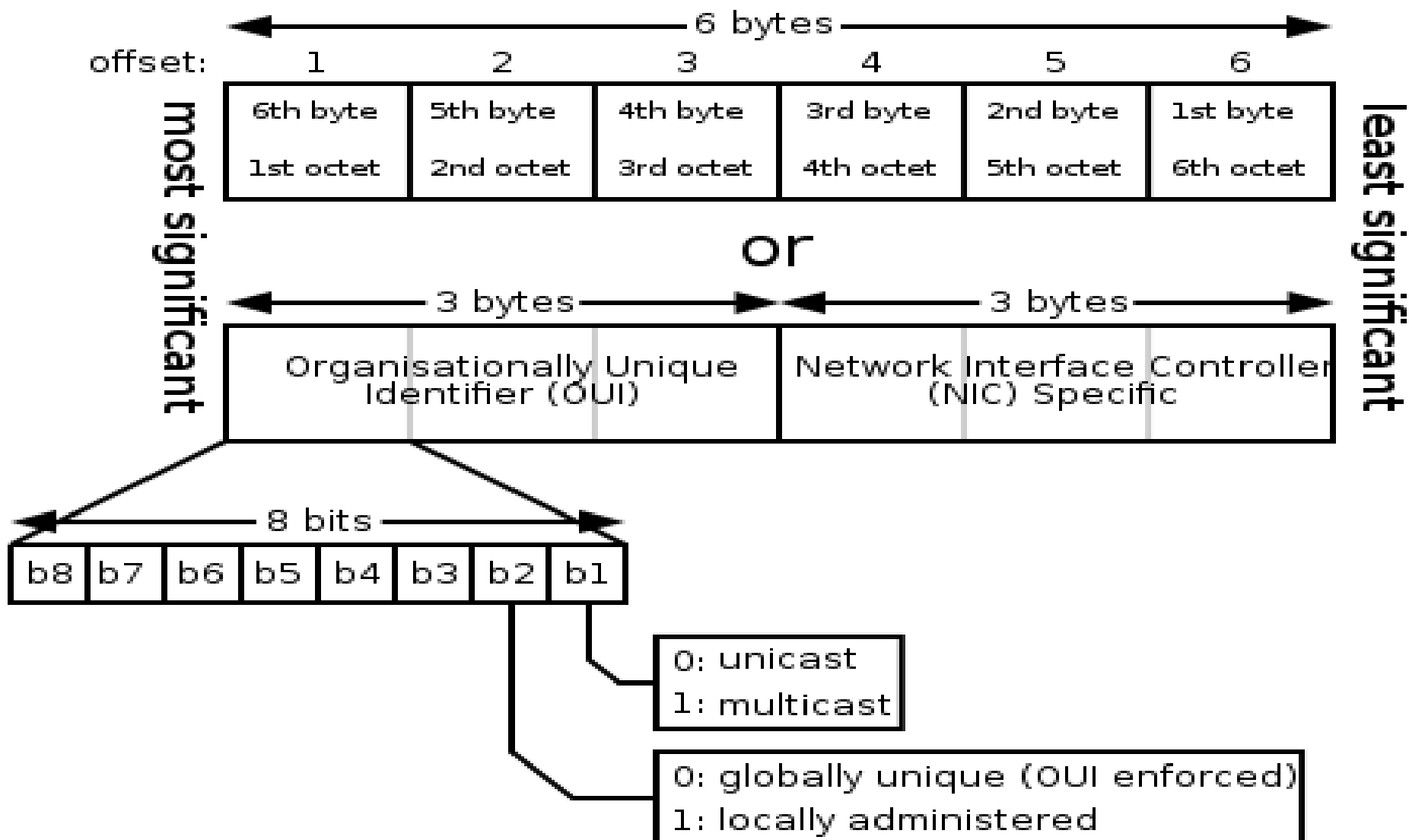
I/G = Individual/Group

C/R = Command/Response

IEEE 802 – Dirección MAC

- Tres formatos: MAC-48 (DIX)/ EUI-48 y EUI-64 (IEEE), escritos como pares de dígitos hex. separados por : ó -
 - ejemplo: primera línea de la salida del comando **ifconfig**
 - *eth0 Link encap:Ethernet direcciónHW 00:00:00:12:5f:68*
- Una dirección MAC pueden ser de administración:
 - **universal** (b2=0): asignada de forma única por el fabricante [3 bytes – 2 bits (id. fabricante) + 3 bytes (puestos por el fabricante)].
 - **local** (b2=1): asignada por el administrador de la red.
- Y pueden ser de difusión:
 - **individual** (b1=0) o *unicast*.
 - **de grupo** (b1=1) o *multicast*.
 - en el caso de *broadcast*: *ff:ff:ff:ff:ff:ff*

IEEE 802 – Formato dir. MAC



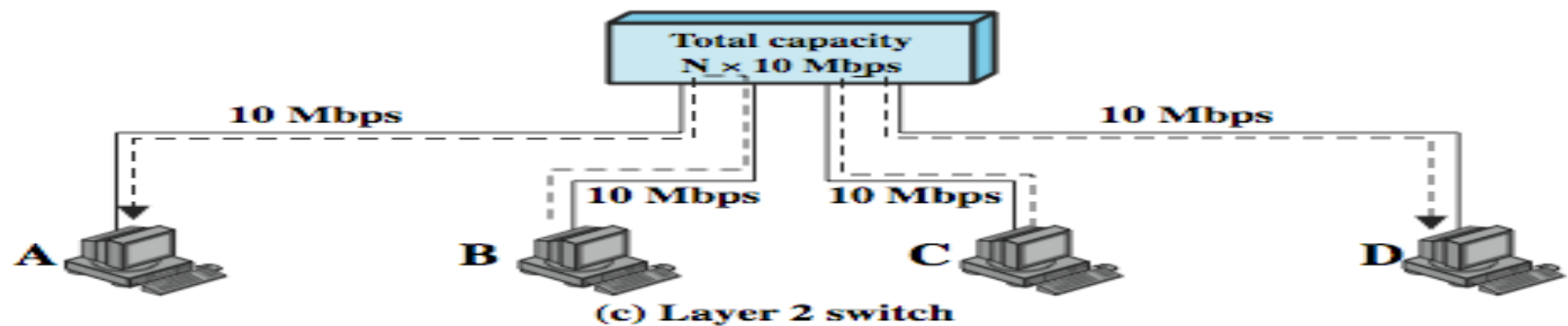
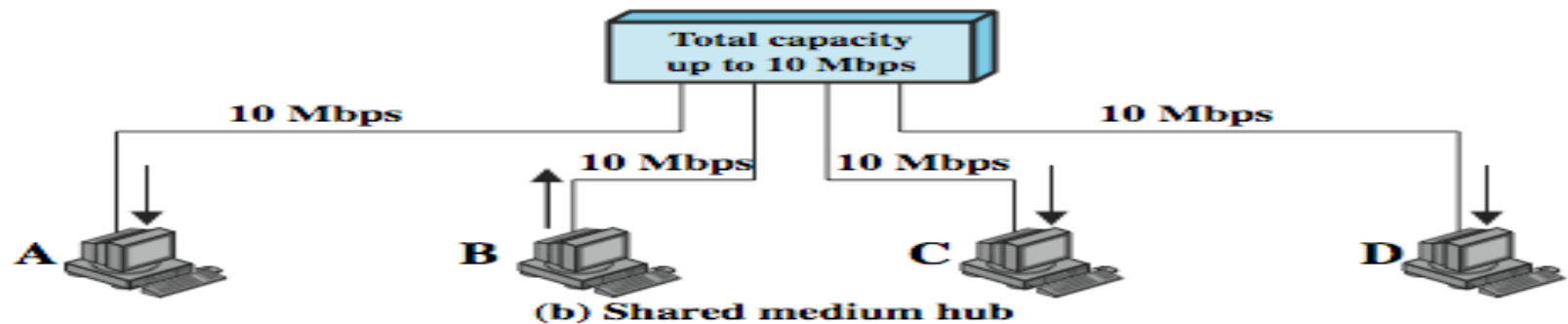
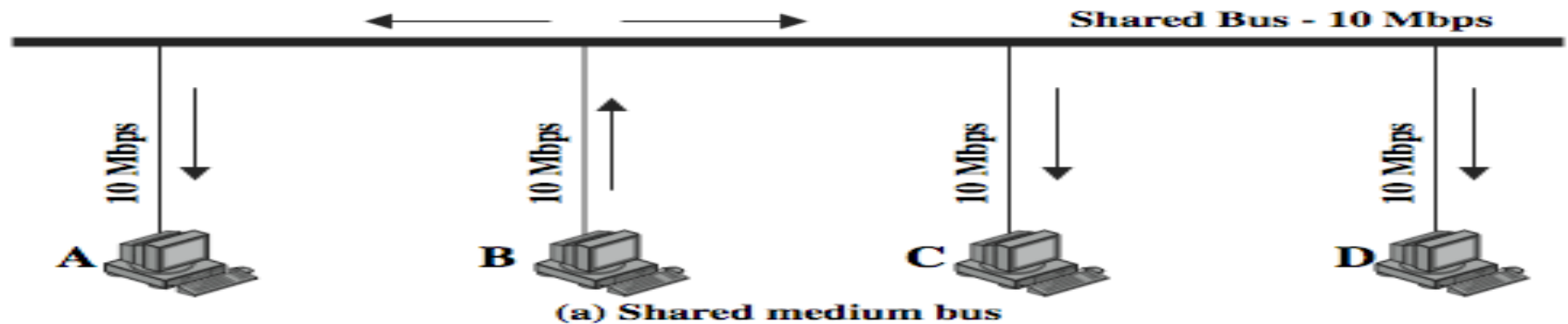
Dominios de difusión y colisión

- El **dominio** de una red está formado por un conjunto de nodos interconectados entre los cuales circulan tramas.
- En las redes de áreas local se distinguen dos tipos de dominios:
 - **de colisión**, formado por el conjunto de nodos que, si envían una trama al mismo tiempo, colisionan (comparten el mismo medio físico o misma red a nivel de capa física - y de enlace -).
 - un *hub* conecta nodos al mismo dominio de colisión y difus.
 - **de difusión**, formado por el conjunto de nodos al que alcanza una trama de difusión (misma red a nivel de capa de enlace):
 - un dominio de colisión también lo es de difusión
 - y puede estar formado por varios dominios de colisión;
 - un *switch* o *bridge* separa dominios de colisión entre sus puertos y los conecta al mismo dominio de difusión.

Conectando - C. Física

- Dispositivos usados en las LANs
- Mediante **repetidores** (topología en bus) y **concentradores** o **hubs**.
- El **hub** es el elemento central activo de la topología física en estrella :
 - topología física en estrella, lógica en bus.
- El *hub* actúa como un repetidor, en la capa física:
 - limitado a aprox. 100m, por las propiedades de UTP.
 - lo transmitido por una estación llega a todas.
- **Mismo dominio de colisión y de difusión.**

Bus, hub y switch



Buses, hubs y bridges

- Características de **topología en bus**:
 - todas las estaciones comparten la capacidad total del bus (p.e. 10 Mbps).
 - sólo una estación puede transmitir en cada momento.
- El **hub** usa cableado en estrella para la conexión:
 - la transmisión de una estación recibida por un hub y retransmitida por todas las demás líneas,
 - sólo una estación puede transmitir a un tiempo,
 - la capacidad total de la LAN es compartida por los nodos
 - un nodo puede rastrear **todo el tráfico** generado por el resto de los nodos del dominio.
- Se mejora el rendimiento con un **bridge/switch**:
 - conmuta múltiples tramas entre puertos por separado,
 - multiplica la capacidad de LAN (por el número de nodos)
 - un nodo puede rastrear **únicamente su propio tráfico** (o el de su puerto) **y el de difusión**.

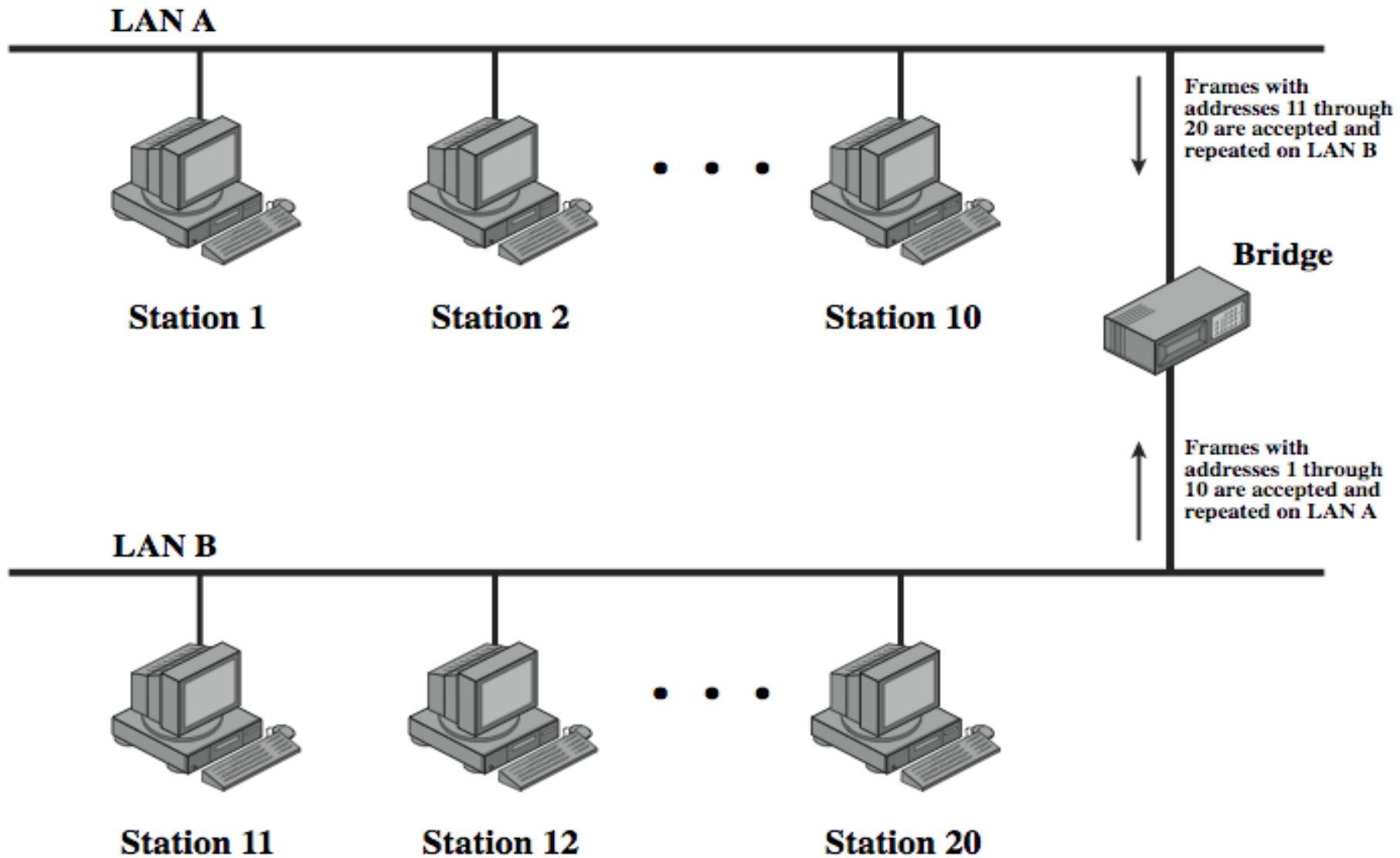
Conectando LANs – C. Enlace

- Mediante **puentes (*bridges*)** y **conmutadores (*switches*)**: IEEE 802 considera que son iguales.
- Crean un **único dominio de difusión** sobre **dos o más dominios de colisión** distintos.
- Conecta LANs con distintas subcapas MAC como si fueran similares:
 - comparten una misma subcapa LLC,
 - mapean entre diferentes formatos MAC.
- Razones para su uso en vez de la conexión en la capa de red (nivel 3):
 - flexibilidad,
 - seguridad y fiabilidad,
 - rendimiento y prestaciones,
 - mantenimiento.

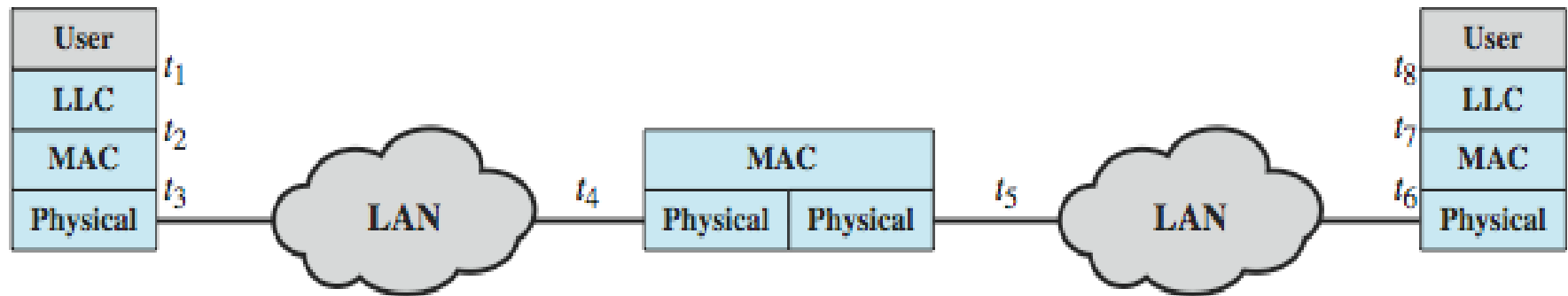
IEEE 802.1D-bridges/switches

- **802.1D** es el estándar para **puentes de red** en la subcapa MAC de la IEEE incluyendo *bridging*, *spanning tree*, interconexión con 802.11 entre otros.
- Dispositivo de interconexión de nodos que opera en la subcapa MAC.
- Conecta dos (o más) segmentos de red (es decir, dos o más dominio de colisión) de igual o distinto tipo como una sola red (mismo dominio de difusión).
- Mantiene automáticamente una tabla con las direcciones MAC detectadas en cada segmento al que está conectado. Cuando detecta que un nodo de un de segmento está intentando transmitir datos a un nodo de otro, el *bridge* envía la trama hacia ese otro segmento.
- Su ancho de banda interno limita el máx. de *conversaciones* simultáneas

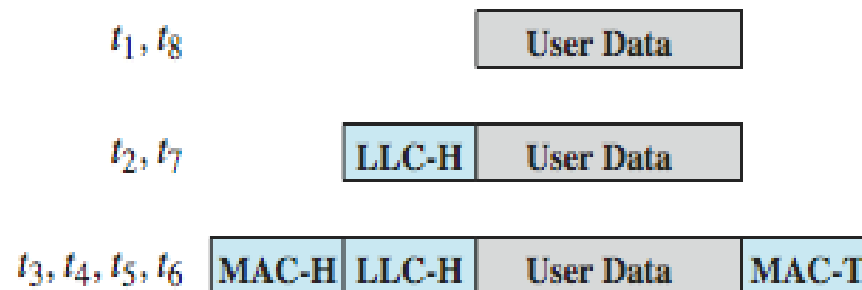
Bridge - Funcionamiento



Conexión de dos LANs

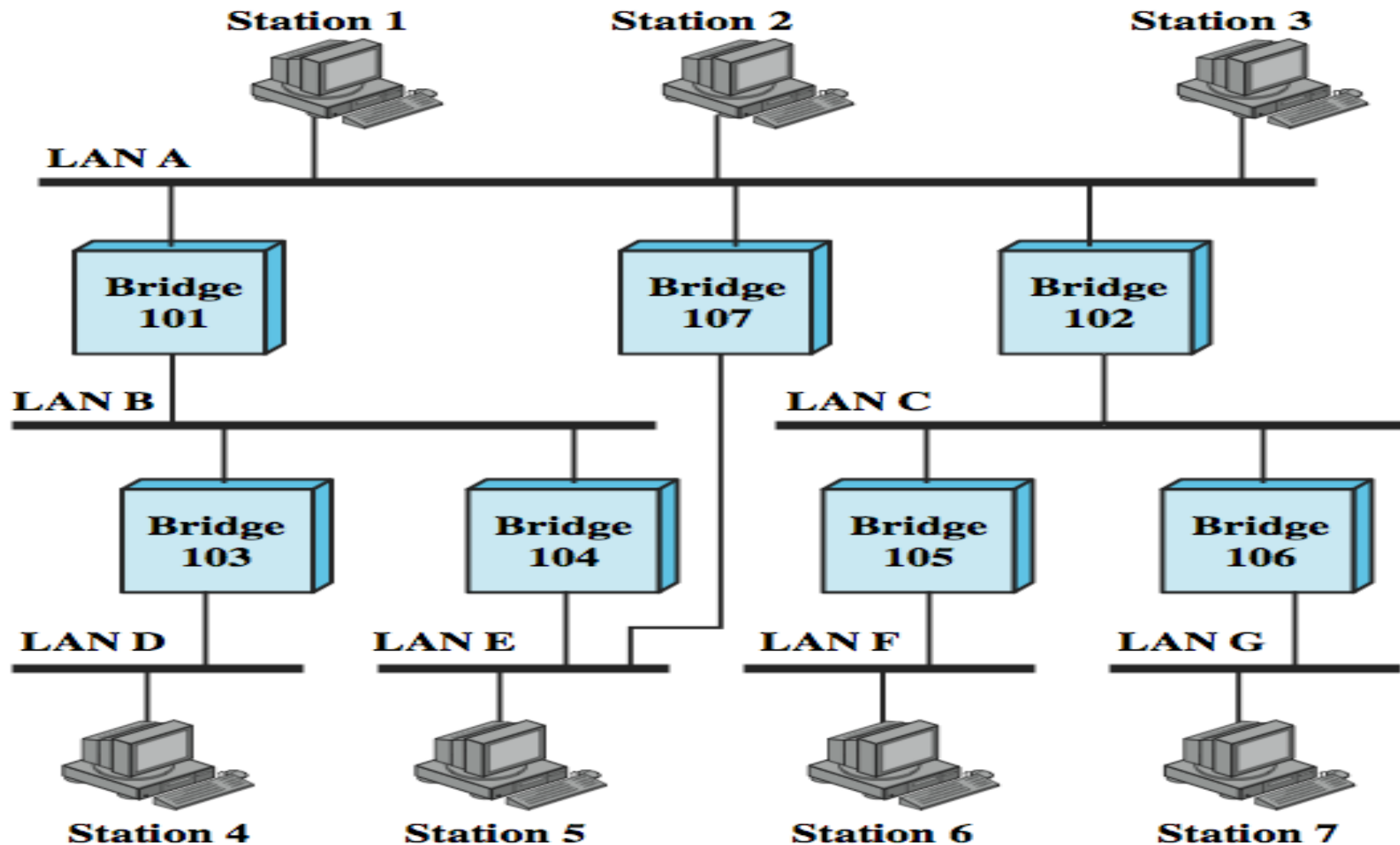


(a) Architecture



(b) Operation

Rutas alternativas



Rutas dinámicas

- El *bridge* elabora una tabla de caminos y actualiza dinámicamente la tabla de direcciones MAC en respuesta a los cambios que se puedan ir produciendo en la topología de la red.
- Consta de 3 mecanismos:
 - retransmisión de tramas,
 - aprendizaje de direcciones,
 - resolución de bucles (*spanning tree protocol*).

Reenvío de trama

- Los puentes mantienen una tabla de reenvíos para cada puerto del puente
 - con las direcciones MAC de la estaciones conectadas en el mismo segmento de red.
- Cuando llega una trama a un puerto X:
 - busca en la tabla la dirección MAC de destino,
 - si está asociada al mismo puerto X, la trama se descarta,
 - si lo está al puerto Y, se pone en cola para su reenvío por Y,
 - si no se encuentra en la tabla, se reenvía por todos los puertos excepto por X.

Aprendizaje de direcciones

- Cuando una trama llega al puerto X, es evidente que ha llegado del segmento de red conectado al puerto X,
 - usa la MAC de origen para actualizar la tabla de X.
- Hay un temporizador asociado a cada entrada de cada tabla de direcciones MAC:
 - si el temporizador expira, la entrada se elimina.
- Cada vez que llega una trama:
 - si su MAC de origen ya está en la tabla, el temporizador se reinicia
 - si no lo está, se crea una nueva entrada y se le asocia un temporizador.

Bridge/Switch - Tipos

- **Almacenamiento-y-reenvío** (*store-and-forward*):
 - acepta tramas de entrada, los almacena, valida y encamina a su puerto de destino,
 - hay un retraso entre emisor y receptor,
 - mayor integridad en la red.
- **Rápido** o de atajo (*cut-through*):
 - según entra la trama, su dirección MAC de destino le sirve para ir encaminándola,
 - posible rendimiento más alto,
 - riesgo de propagar tramas defectuosas.

Bridge/Switch - Problemas

- **Sobrecarga por difusión:**

- los usuarios comparten una dirección MAC de difusión común,
- las tramas de difusión se entregan a todos los dispositivos conectados a los *switches* y/o *bridges*,
- las tramas de difusión pueden crear una gran sobrecarga,
- las tormentas de difusión de dispositivos 'averiados'.

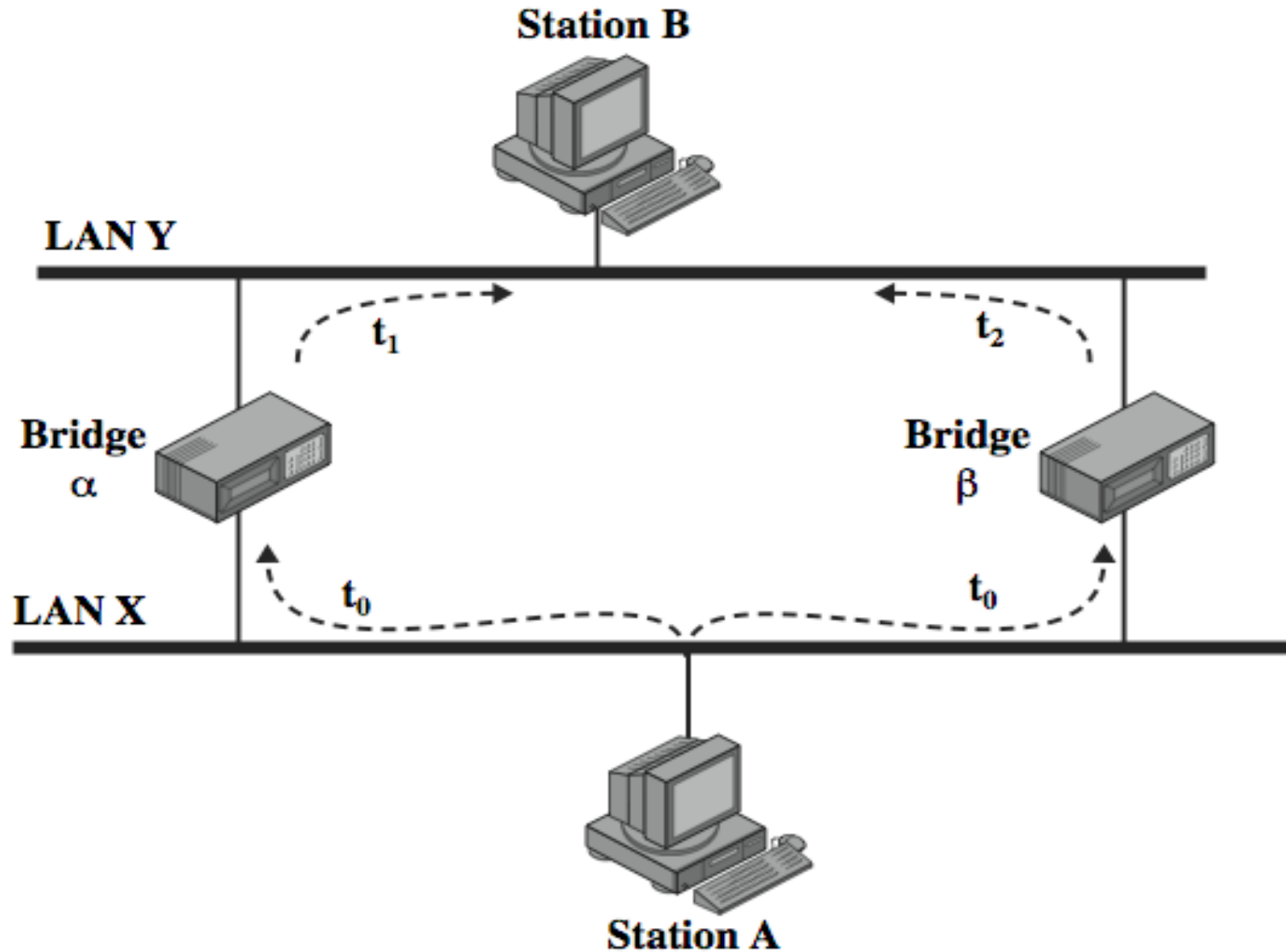
- **Alternativa:**

- actuar en la capa 3, dividiendo la red en subredes mediante un *router*
- actuar en la capa 2, creando **vlan**s mediante *switches* especiales.

IEEE 802.1AX (Link aggregation)

- Combinación de múltiples conexiones de red en paralelo por redundancia y aumento de capacidad
 - se crean **LAGs** (Link Aggregation Group)
 - también: port trunking, link bundling, NIC bonding
 - pero se puede hacer en otras capas distinta de la 2
- Link Aggregation Control Protocol (**LACP**, 802.1AX) permite que un dispositivo negocie automáticamente la agregación de enlaces enviando paquetes LACP al otro extremo (antiguo 802.3ad)
- El driver bonding de linux permite agregar múltiples NICs en una única interfaz lógica ligada a partir de dos o más NICs esclavas en varios modos:
 - LACP, round-robin, active-backup, xor, broadcast,
- Ver:
 - Multiplica la velocidad de tu red Gigabit
 - Switch para Link Aggregation

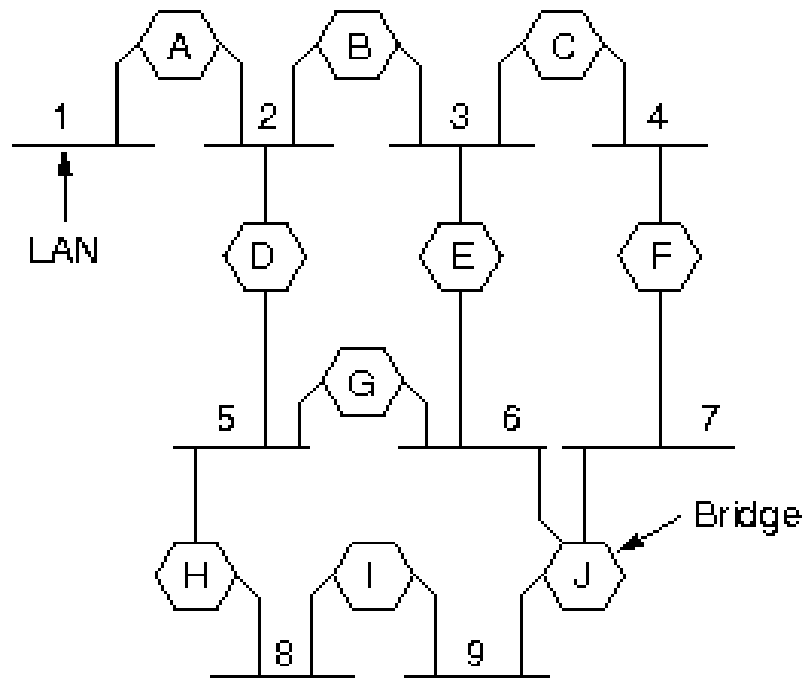
Bucle de Bridges



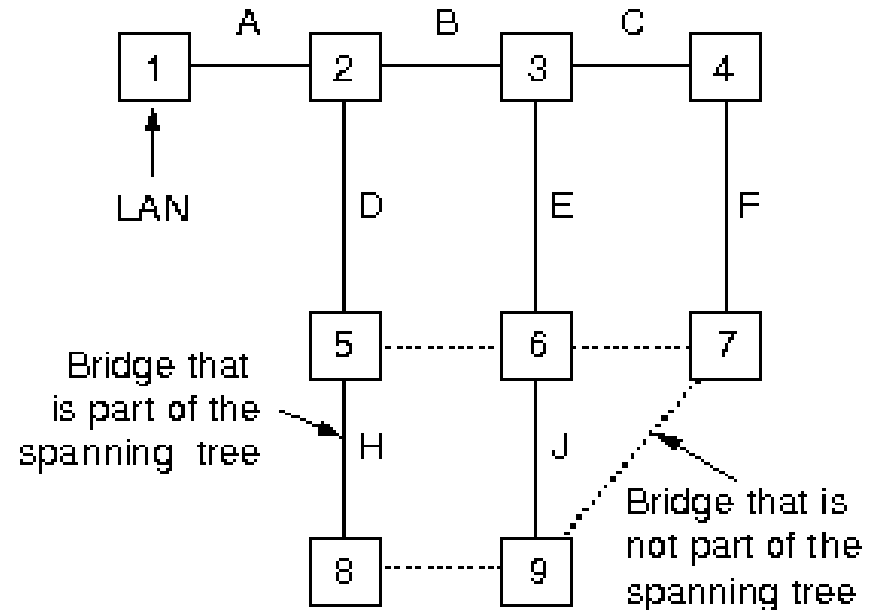
IEEE 802.1D (STP)

- El aprendizaje de direcciones funciona para topologías sin bucles. Rutas alternativas implican la aparición de bucles,
 - cualquier grafo con bucles tiene un **árbol de expansión**, que mantiene la misma conectividad pero sin bucles.
- **STP** cambia una **red física** en malla (con bucles) por una **red lógica** en árbol (sin bucles). Los puentes se comunican entre sí mediante mensajes de configuración llamados *Bridge Protocol Data Units* (B.P.D.U):
 - cada *bridge* tiene un único identificador, siendo uno el raíz, y determinados costes asociados a cada uno de sus puertos.
 - el puente raíz establecerá el camino de menor coste a todos los demás, intercambiando BPDUs con ellos.
 - inventado por **Radia Perlman**
 - **vídeo tutorial sobre STP (para examen CCNA)**
 - **Spanning Tree Protocol (Problems)**
- STP se sustituyó por Rapid STP (**RSTP**) en 802.1D-2004 para acelerar la convergencia tras un cambio de topología.

Árbol de expansión - diagrama



(a)



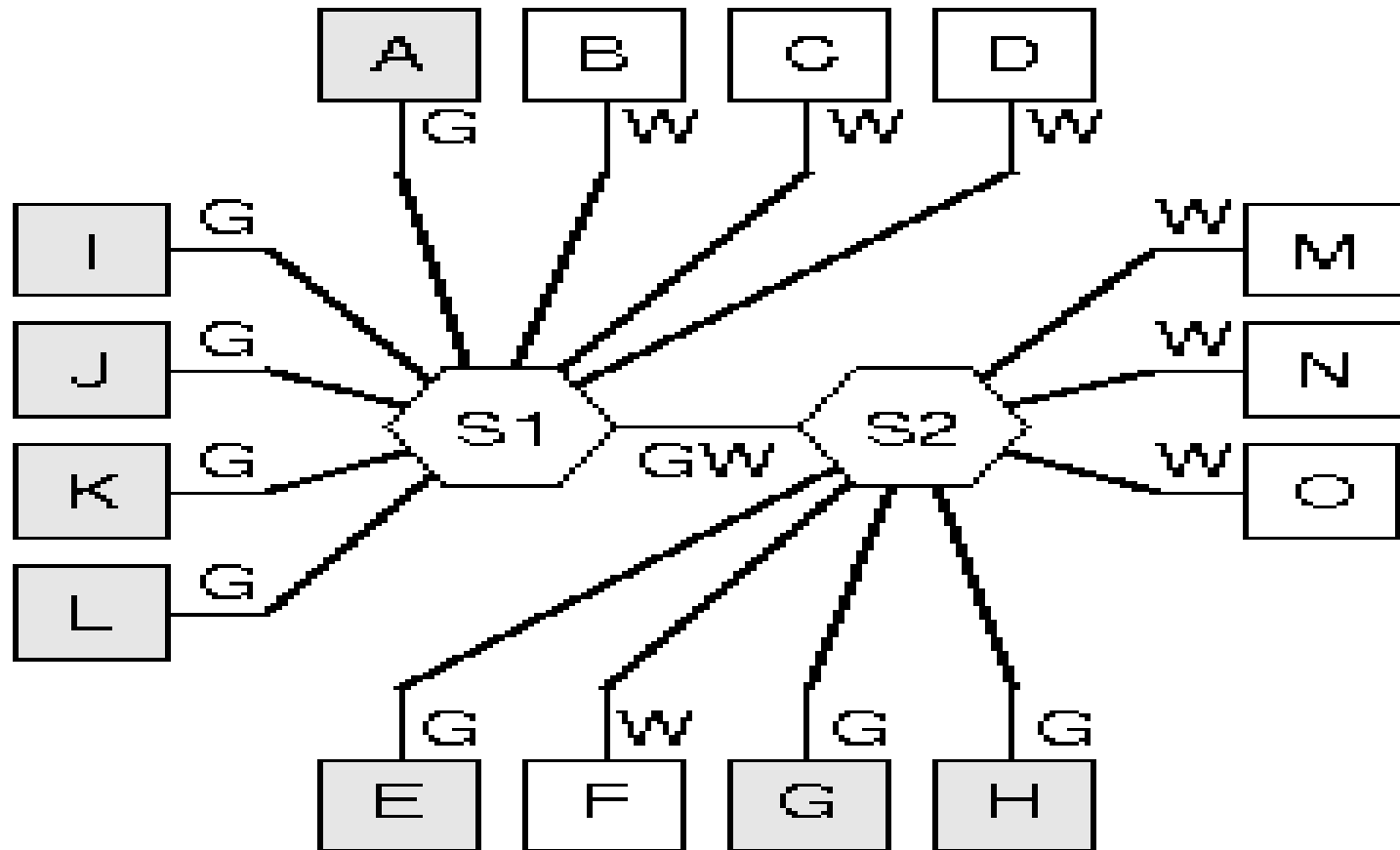
(b)

Fig. 4-44. (a) Interconnected LANs. (b) A spanning tree covering the LANs. The dotted lines are not part of the spanning tree.

IEEE 802.1Q (VLAN)

- Puede ser conveniente separar un único dominio de difusión en varios para reflejar una estructura organizativa u otros motivos:
 - pero cambiar el cableado físico suele ser difícil,
 - mejor es pensar en términos de “cableado lógico”.
- Así surgieron las LANs Virtuales:
 - se necesita un *switch* que implemente el protocolo 802.1Q (*VLAN-aware*) para que el administrador puede crear distintas VLANs (dominios de difusión),
 - asignando a cada VLAN un identificador y asociando a cada puerto del *switch* una (o más) VLAN,
 - los *switches* almacenan qué VLANs se pueden acceder a través de qué puertos,
 - sólo los *switches* usan los campos VLANs.
- **802.1Q** incluye el Multiple Spanning Tree Protocol (**MSTP**)

Diagrama VLAN



(b)

IEEE 802.1aq (SPB)

- **Shortest Path Bridging** permite la creación y configuración de redes con multicaminos (bucles)
 - mejora (R)STP y MSTP: no bloquea los puertos redundantes y permite aprovechar todo el ancho de banda de la red.
 - proporciona topologías de capa 2 mucho mayores con tiempos de convergencia más rápidos
 - mejora la eficiencia permitiendo repartir el tráfico entre todos los caminos de una red en malla
 - diseñado par eliminar errores humanos en la configuración
- Crea redes Ethernet lógicas sobre las redes físicas usando un protocolo de estado de enlace para anunciar la topología y la pertenencia a una red lógica.
- El plano de control se basa en Intermediate System to Intermediate System (**IS-IS**) de la capa de red
- Virtualiza redes separando y abstrayendo el control y el flujo de datos (**Software Defined Network** o SDN)

IEEE 802.2

- Pensado para sistemas en los que se desea un protocolo de enlace de datos con control de errores y control de flujo.
- Esconde las diferencias entre los distintos tipos de redes 802, proporcionando un formato y una interfaz con la capa de red únicos (basado en HDLC).
- Ofrece 3 tipos de servicios orientados a la conexión, confiable y no confiable.
- Añade su propia cabecera (**LLC**):
 - ver diapositiva 6: IEEE 802 - Formato de trama
- Para encapsular datagramas IP en tramas Ethernet/802.3 no se suele usar (sí para encapsular *appletalk*, *netbios*, *ipx*, ...).