
Redes conmutadas y de área local

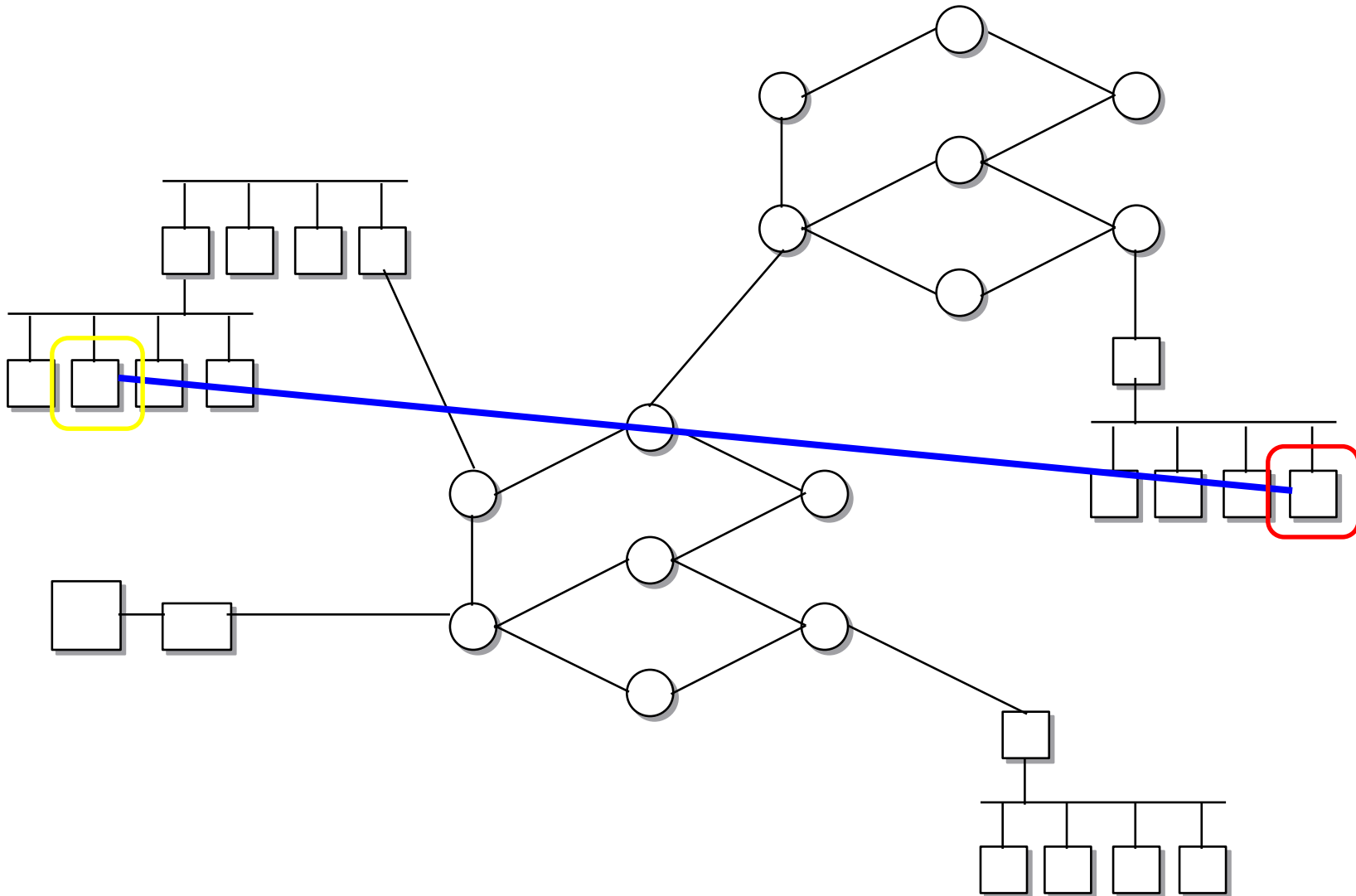
Jorge Juan Chico <jjchico@dte.us.es>, Julián Viejo Cortés <julian@dte.us.es> 2011-20
Departamento de Tecnología Electrónica
Universidad de Sevilla

Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra y de hacer obras derivadas siempre que se cite la fuente y se respeten las condiciones de la licencia Attribution-Share alike de Creative Commons. Puede consultar el texto completo de la licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Objetivos

- Comprender el funcionamiento de las redes de comunicaciones
- Conocer los mecanismos básico de operación de las redes locales

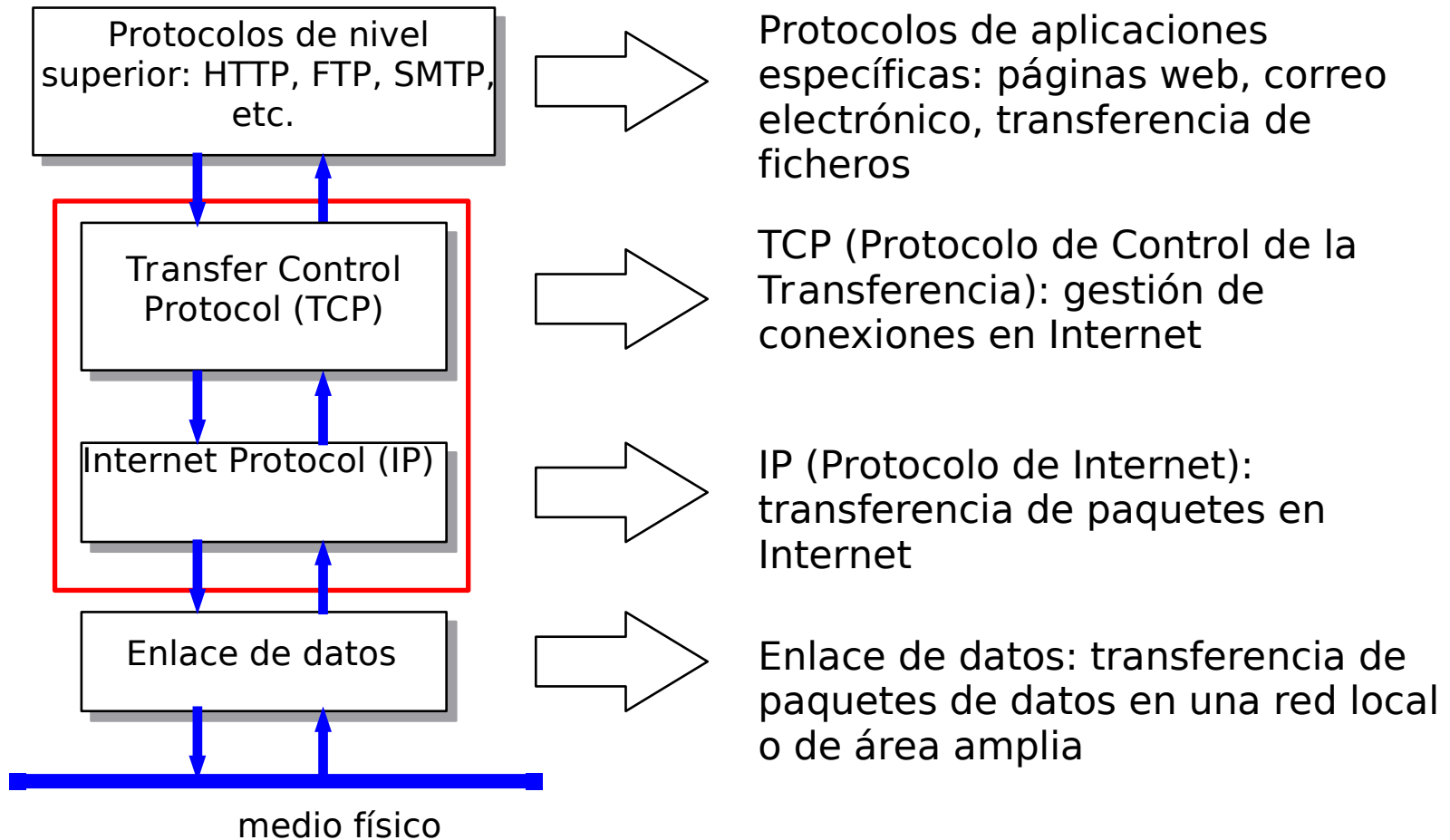
Introducción



Contenidos

- Introducción
- Redes conmutadas
 - Conmutación de circuitos. Conmutación de paquetes. Enrutado
- Redes de área local: Ethernet
 - Topologías. Trama MAC. Acceso al medio

Introducción

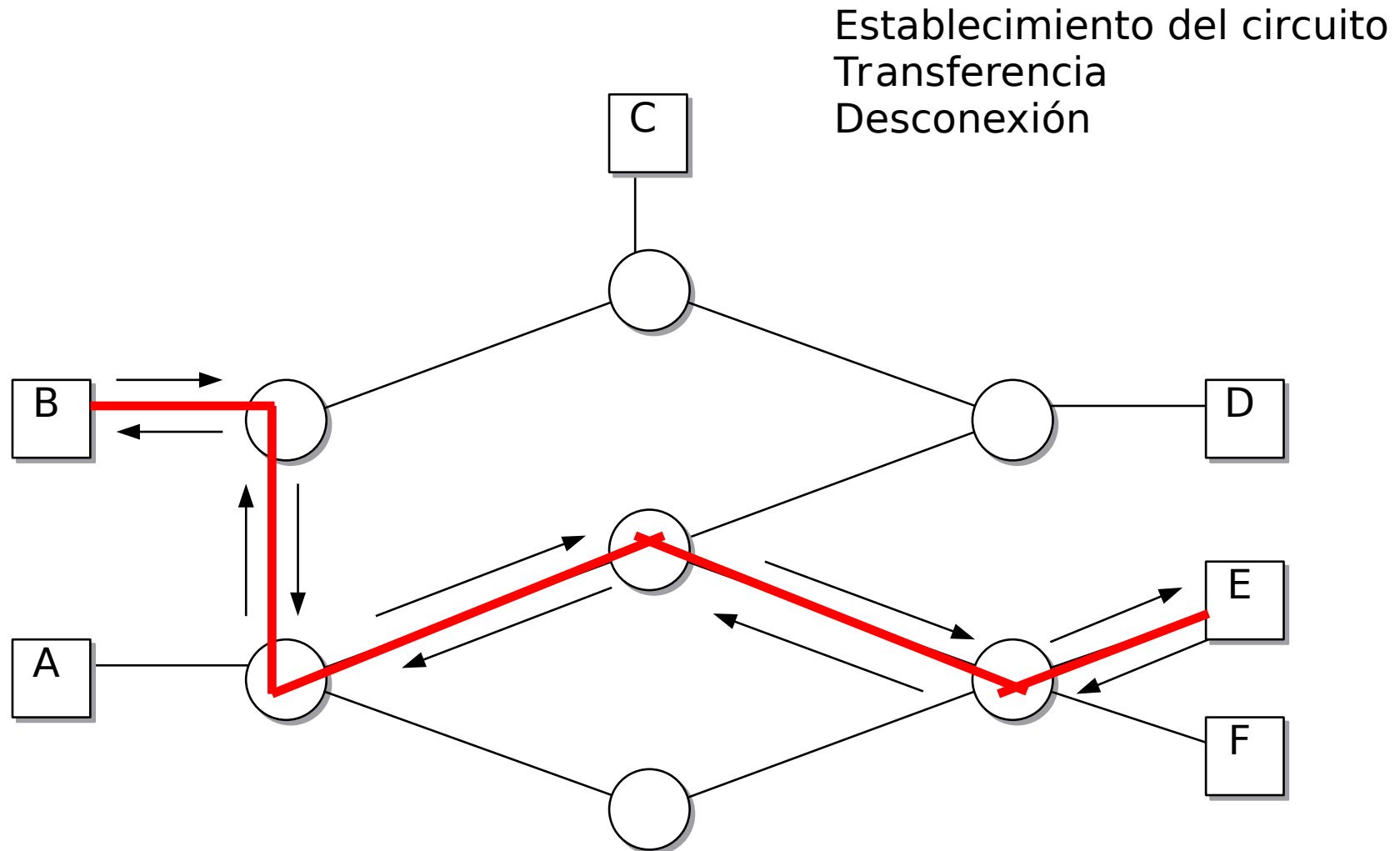


Conmutación de circuitos

- Funcionamiento:
 - Se establece una conexión física permanente entre entre las estaciones durante la comunicación.
 - Fases:
 - Establecimiento del circuito: realización de llamada, realización de conexiones en los nodos.
 - Transferencia de datos: normalmente en ambos sentidos (full-duplex)
 - Desconexión: liberación de recursos
- Ejemplo: red telefónica conmutada "tradicional".

Conmutación de circuitos

Ejemplo: nodo B llama a E



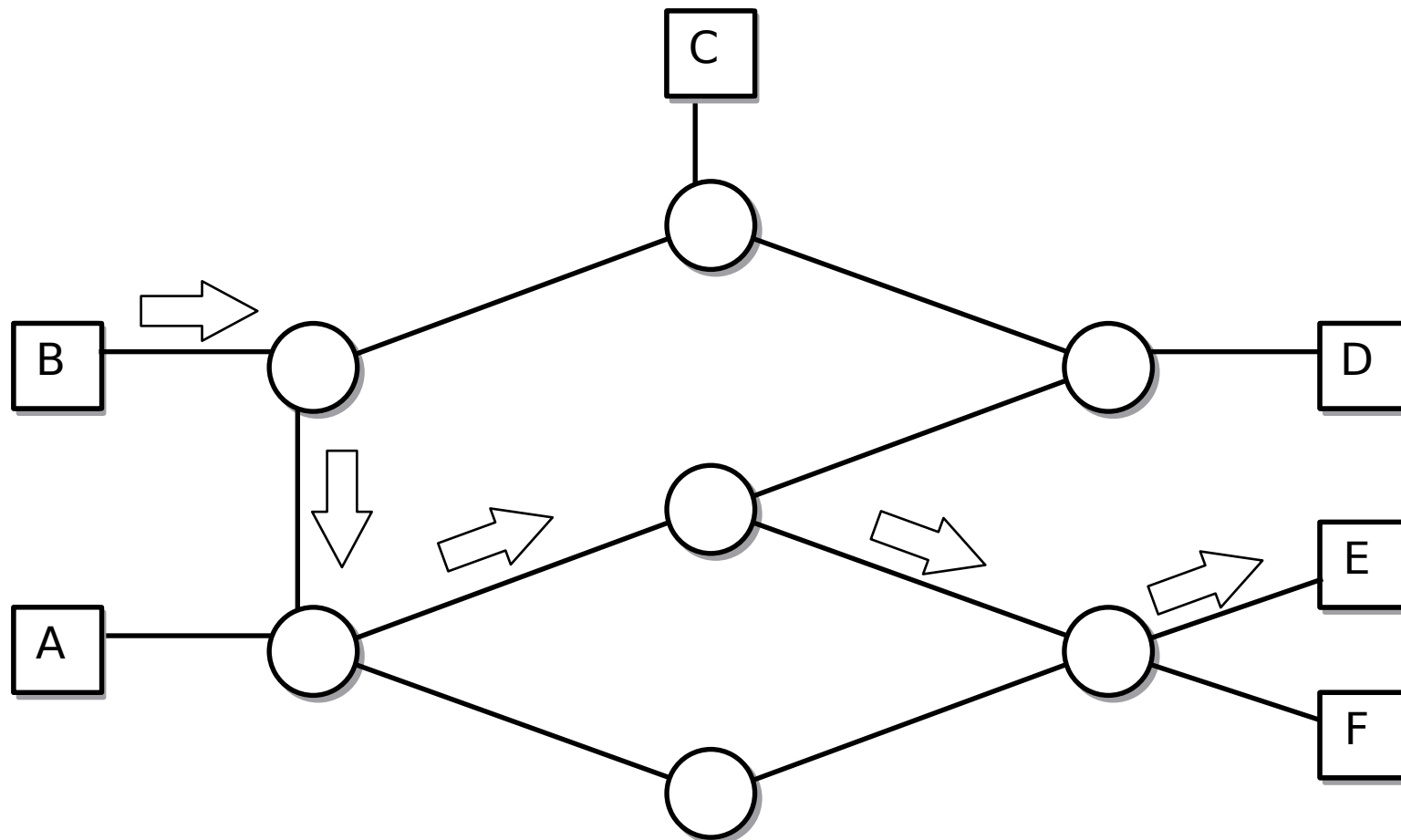
Conmutación de paquetes

- Desarrollada a principios de los 70 para comunicación de datos digitales
- Conmutación de circuitos:
 - poco eficiente
 - mal aprovechamiento de recursos
- Los nodos intercambian información digital
- Información dividida en paquetes, cada paquete contiene:
 - información de control: origen, destino, tamaño, prioridad, ...
 - datos a transferir
- Cada nodo "encola" los paquetes recibidos y los envía por la línea más adecuada según su destino.

Conmutación de paquetes

Funcionamiento

DATOS	opciones	origen: B	destino: E
-------	----------	-----------	------------



Conmutación de paquetes

Ventajas

- Mayor eficiencia: sólo se usan los enlaces cuando hay datos que enviar.
- Cualquier tipo de datos: codificación digital.
- Posibilidad de establecer prioridades distintas para distintos tipos de comunicación: calidad de servicio.
- Posibilidad de comunicación incluso con red saturada.

Conmutación de paquetes

Técnicas de conmutación

- Datagramas:
 - cada paquete se trata independientemente, aunque pertenezcan a un mismo bloque de datos.
 - los paquetes pueden llegar desordenados
 - no hay que establecer conexión
 - más fácil de implementar
 - usado en redes heterogéneas (Internet)
- Circuitos virtuales:
 - primero se establece un camino fijo para el intercambio de los paquetes de una sesión y luego todos se envía por el
 - emulan la redes de conmutación de circuitos
 - los paquetes llegan de forma ordenada
 - más fiable: calidad de servicio, reserva de recursos
 - implementación más compleja
 - usado en redes homogéneas de área amplia (WAN)

Evolución redes telefónicas

- Localización de una llamada
 - Operadoras: consulta a cada operadora de la red.
 - Centrales analógicas automáticas: revisión manual de las conexiones en cada nodo.
 - Centrales digitales: inmediato. Origen en cada paquete de datos.
- Establecimiento de conexión
 - Operadoras: costoso, requiere intervención directa del personal.
 - Centrales analógicas automáticas: automático, requiere un tiempo apreciable.
 - Centrales digitales: intercambio de paquetes de inicio de comunicación. Posible reserva de una parte de la capacidad de la red.
- Comunicación
 - Centrales analógicas: ocupación permanentemente del canal.
 - Centrales digitales: sólo se ocupa el canal cuando hay datos que enviar.

Conmutación de paquetes Enrutamiento (*routing*)

- Inundación (difusión)
- Estático
- Dinámico

Conmutación de paquetes

Enrutamiento (*routing*)

- Enrutamiento por inundación (difusión):
 - Cada nodo repite el paquete hacia todos sus enlaces de modo que cada paquete alcanza todos los puntos de la red.
 - Debe existir algún mecanismo limitativo: un paquete se repite un número máximo de veces
 - Simple: fácil de implementar
 - Eficaz: se aprovechan varios caminos posibles
 - Bajo aprovechamiento: se emplean enlaces que no son necesarios
 - Peligro de saturación de la red: congestión

Conmutación de paquetes Enrutamiento (*routing*)

- Enrutamiento estático:
 - Cada nodo almacena una tabla de rutas fija (estática) que indica: destino -> enlace a usar
 - Soluciona problemas de saturación
 - Eficaz: configurable para mejor operación
 - Fácil de implementar
 - Difícil de mantener: configuración manual
 - Bajo aprovechamiento: no se adapta a las condiciones cambiantes de la red

Conmutación de paquetes

Enrutamiento (*routing*)

- Enrutamiento dinámico:
 - Tablas de rutas generadas dinámicamente y automáticamente
 - Mejor aprovechamiento de la red
 - Adaptable automáticamente a fallos de la red
 - Fácil de mantener: configuración automática
 - Permite calidad de servicio: prioridad en función de contenidos, urgencia, etc.
 - Difícil de implementar: algoritmos de routing
 - Añade tráfico para operaciones de control: puede afectar a la saturación de la red

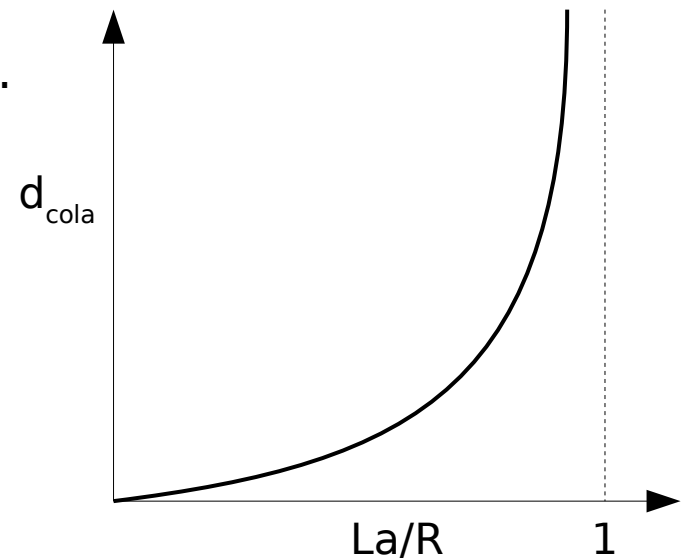
Colas, retrasos y pérdidas

- Retraso de extremo a extremo
 - Tiempo empleado por un paquete en llegar desde el origen al destino a través, en general, de varios nodos y enlaces.
- Retraso nodal
 - Tiempo empleado por un paquete en pasar de un nodo a otro
- Hay 4 fuentes de retraso nodal
 - d_{proc} : procesamiento nodal
 - Comprobación de errores, etc. Típicamente $< 1\text{ms}$
 - d_{cola} : retraso de cola
 - Espera en la cola antes de la transmisión
 - d_{trans} : retraso de transmisión
 - Tiempo en enviar los bits del paquete
 - d_{prop} : retraso de propagación
 - Tiempo que tarda la señal desde un nodo al otro.

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Retraso de cola

- En cada nodo (router) los paquetes se encolan a la espera de ser transferidos.
 - Hay una cola de salida por cada enlace del nodo.
- Depende del nivel de “congestión” del nodo: cuántos paquetes tiene en la cola.
- Congestión
 - a : tasa de llegada de paquetes promedio.
 - L : longitud del paquete.
 - R : tasa de datos de salida máxima.
 - Si $La < R$: no congestión, $d_{cola} \ll$
 - Si $La \approx R$: no congestión, $d_{cola} \gg$
 - Si $La > R$: congestión, $d_{cola} \rightarrow \infty$



Retrasos de transmisión y propagación

- Retraso de transmisión
 - Depende de:
 - R: tasa de transferencia (ancho de banda)
 - L: tamaño del paquete.
- Retraso de propagación
 - Depende de:
 - d: longitud del enlace físico.
 - s: velocidad de propagación de la señal en el medio.
- Tasa de transferencia de extremo a extremo
 - La menor de entre los enlaces en el camino (enlace cuello de botella).

$$d_{\text{trans}} = L/R$$

$$d_{\text{prop}} = d/s$$

Contenidos

- Introducción
- Redes conmutadas
 - Conmutación de circuitos. Conmutación de paquetes. Enrutado
- **Redes de área local: Ethernet**
 - **Topologías. Trama MAC. Acceso al medio**

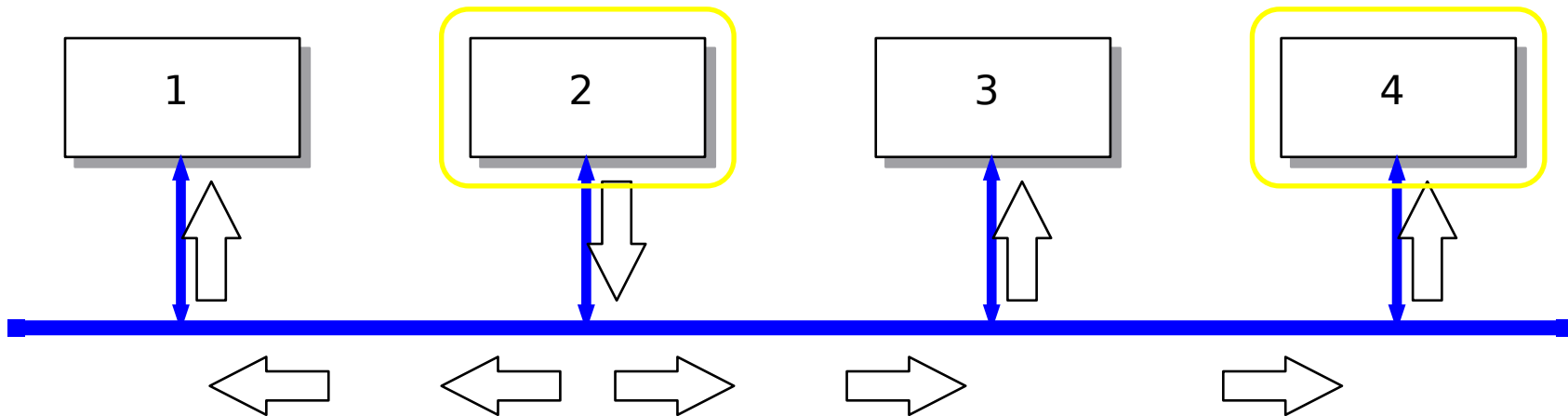
Redes de área local

- Redes para áreas pequeñas: oficina, edificio, campus, etc.
- Destinadas a conexión de equipos informáticos: ordenadores, servidores, terminales, impresoras, etc.
- Transmisión de datos digitales en forma de paquetes.
- Arquitecturas normalizadas por las normas IEEE 802:
- Diferentes topologías:
 - bus, anillo, estrella, inalámbricas.
 - todas las topologías se comportan igual: conseguir que un paquete emitido por una estación llegue a todas las demás (difusión de paquetes).

Ethernet. IEEE 802.3 CSMA/CD

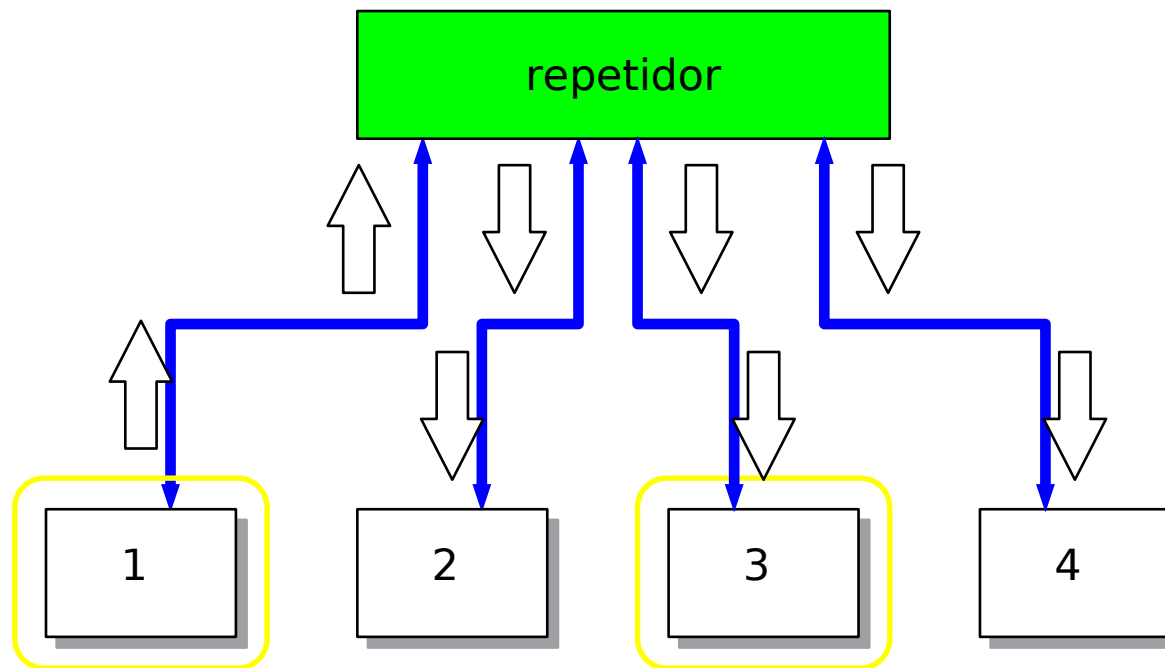
- *Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection*
- Tecnología de red local más utilizada.
- Topologías:
 - tipo bus usando coaxial grueso o coaxial fino (obsoleto)
 - tipo estrella usando par trenzado o fibra óptica
- Acceso al medio por competición
- Direccionamiento físico mediante direcciones de 6 bytes (48bits). Ej: 00:D0:59:7B:97:8D
- Velocidades:
 - Ethernet clásico: 10Mbps
 - Fast Ethernet: 100Mbps
 - Gigabit Ethernet: 1000Mbps
 - ...

Ethernet. Operación

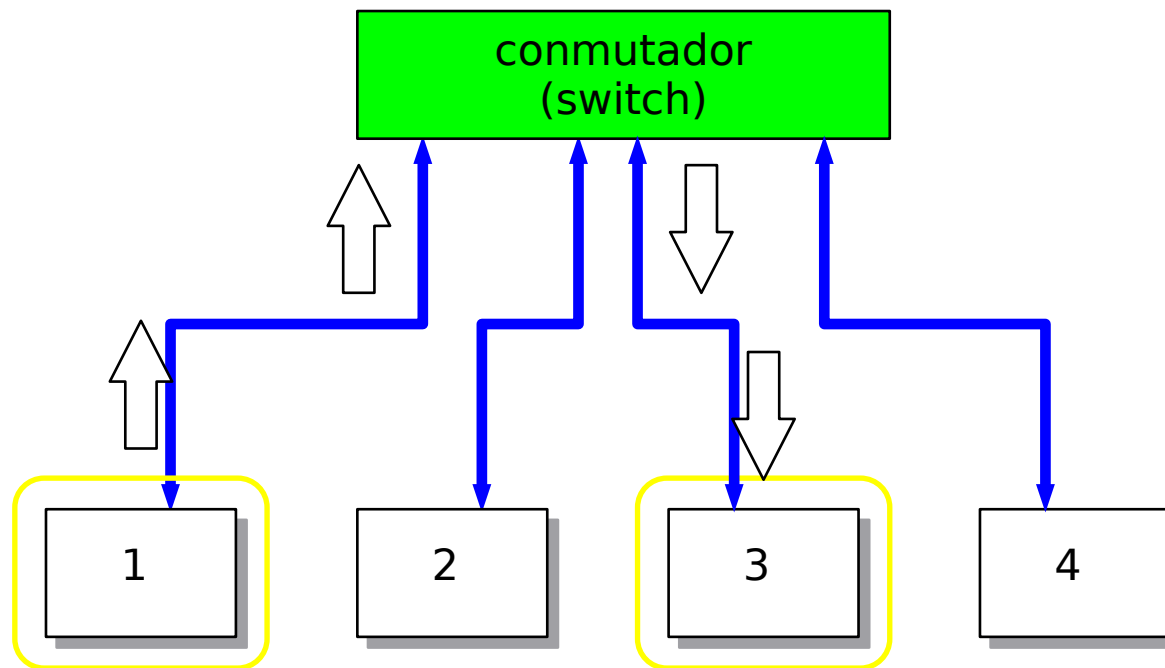


- La estación 2 ve el medio libre y envía un paquete con destino a 4
- El paquete se propaga por el medio y va llegando a todas las estaciones
- La estación 4 lee el paquete, el resto lo descartan

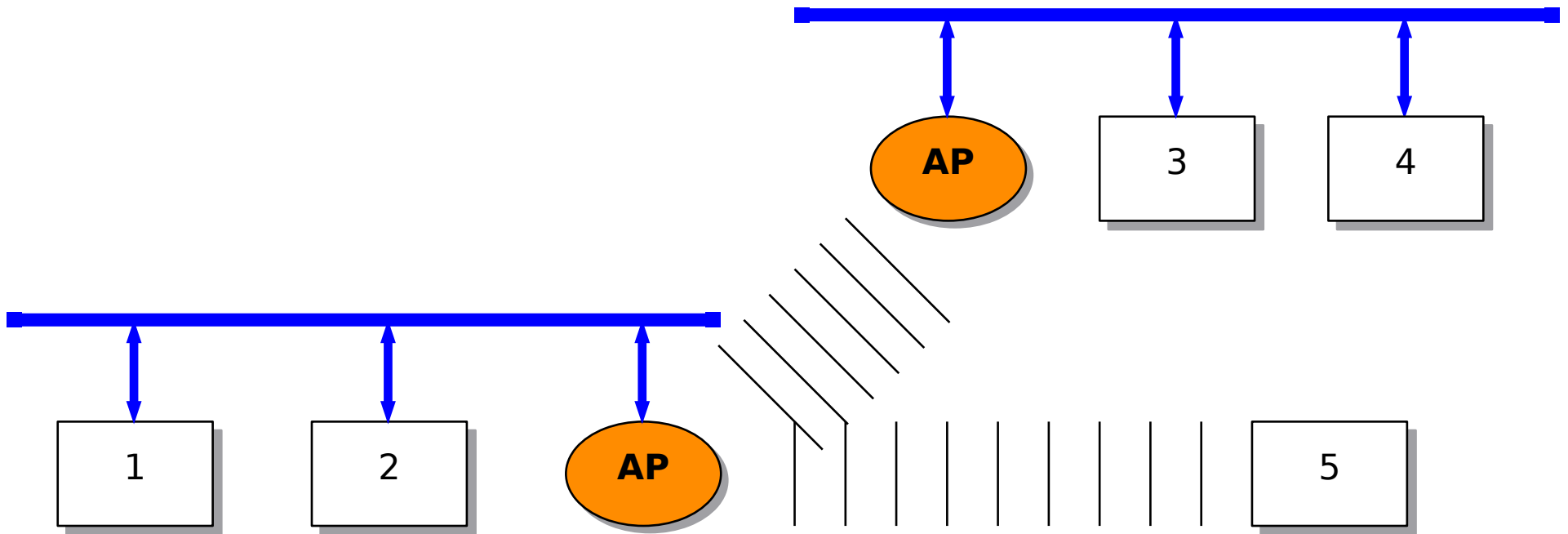
Ethernet. Operación



Ethernet. Operación



Ethernet. Operación



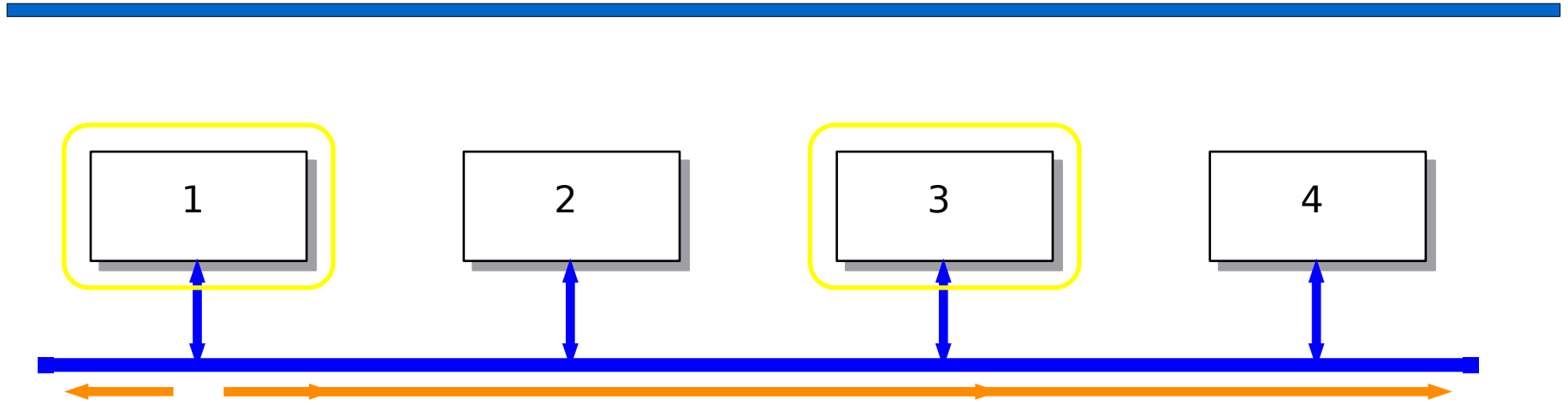
Ethernet. Formato de trama



- Campos de la trama:
 - Preámbulo: avisa de que va a llegar una trama
 - SFD (delimitador de comienzo de trama): marca el comienzo de una trama
 - DA (dirección de destino): dirección física de destino de la trama
 - SA (dirección de origen): dirección física de origen de la trama
 - Longitud: longitud del campo de datos
 - Datos: datos a transmitir. Habitualmente entre 0 y 1500 bytes
 - Relleno: bytes a "0" para hacer que la trama tenga un tamaño mínimo de 64 bytes, necesario para la detección de colisiones.
 - FCS (secuencia de comprobación de trama): código de detección de errores.

Acceso al medio

Caso simple



(1) emite una trama con destino a (3)

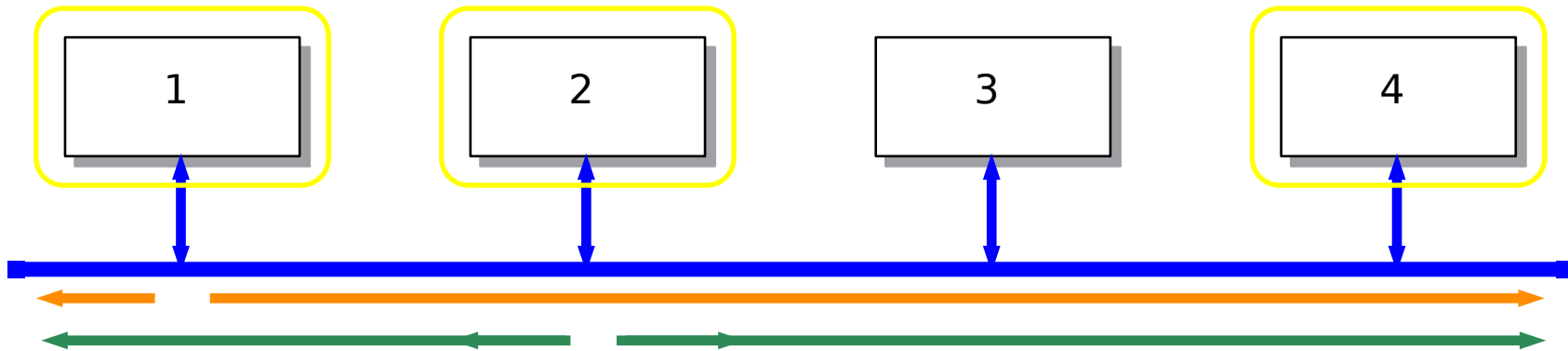
La trama llega a (2) y a (3), que reconoce su dirección

La trama llega al resto de la red. (3) sigue leyendo

(1) finaliza la transmisión. (3) ha leído toda la trama

Acceso al medio

Medio ocupado



(1) está emitiendo una trama. (2) quiere emitir pero el medio está ocupado

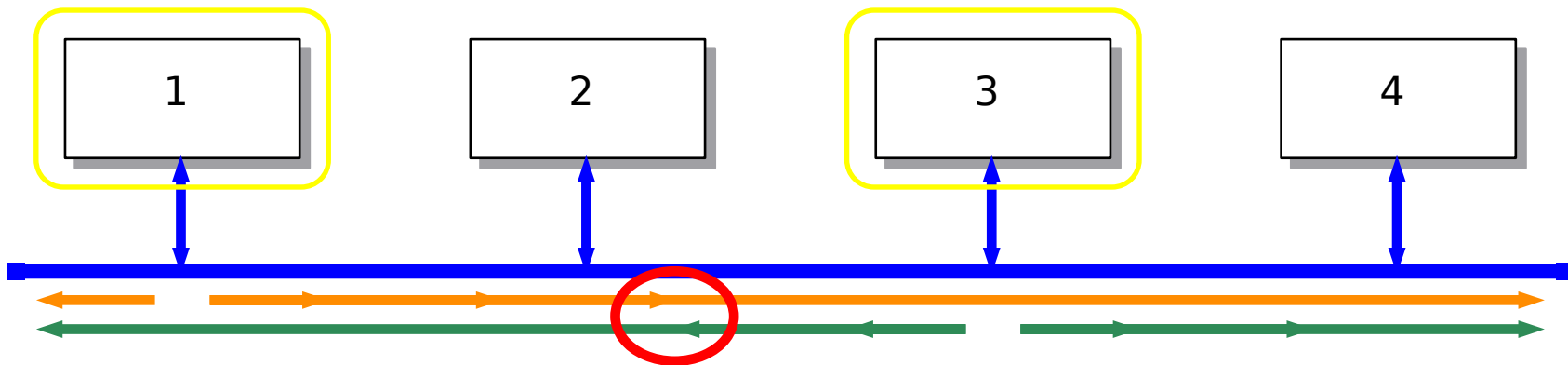
(1) termina de emitir.

(2) comienza cuando ve el medio libre

La trama llega a su destino (4)

(2) termina de emitir

Acceso al medio Colisión



(1) ve el medio libre y comienza a emitir

(3) ve el medio libre y comienza a emitir poco después

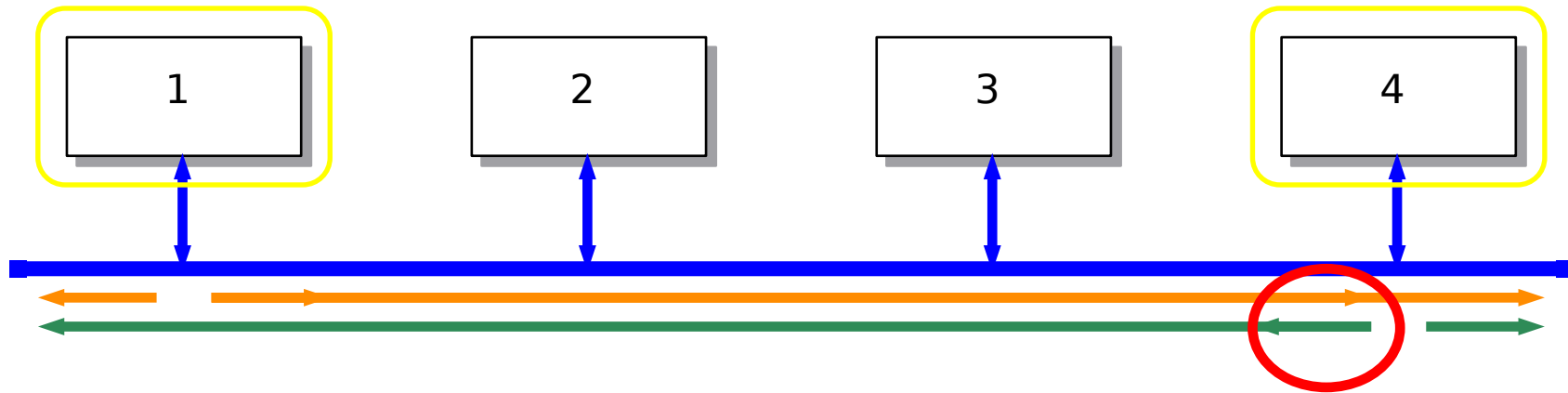
Las señales de (1) y (3) colisionan y se vuelven "ininteligibles"

La colisión se propaga a todo el segmento y es detectada.

(1) y (3) cancelan la emisión y esperan un tiempo para retransmitir

Acceso al medio

Colisión: caso más desfavorable



(1) ve el medio libre y comienza a emitir

(4) comienza a emitir instantes antes de la llegada de la trama de (1). Inmediatamente se produce una colisión (tiempo T)

(1) y (4) continúan emitiendo hasta que la colisión llega a (1) (tiempo $2T$). La colisión es detectada por (1).

Las estaciones dejan de emitir. Reintentarán la emisión más tarde.
(Para detectar todas las colisiones, debe emitirse al menos un tiempo $2T$)

Acceso al medio

Round-trip time

- Para que funcione el mecanismo de colisiones, una estación debe emitir durante un tiempo mínimo igual al tiempo máximo de ida y vuelta de la señal a lo largo de todo el segmento de red (round trip time)
- Se fija un round trip time máximo de 50 microsegundos.
 - a 10Mbps -> envío mínimo de 64bytes
- El tamaño máximo de la red local viene condicionado por el round trip time.